Le crabe vert (*Carcinus maenas*) : revue de littérature et situation aux Îles-de-la-Madeleine

Nathalie Paille, Jean Lambert, Nathalie Simard et Selma Pereira

Direction régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
850, Route de la Mer
Mont-Joli, Québec, G5H 3Z4

2006

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques 276

Pêches et Océans Fisheries and Oceans

Canada

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports à l'industrie contiennent les résultats des activités de recherche et de développement qui peuvent être utiles à l'industrie pour des applications immédiates ou futures. Ils sont surtout destinés aux membres des secteurs primaire et secondaire de l'industrie des pêches et de la mer. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports à l'industrie peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports à l'industrie sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 91 de cette série ont été publiés à titre de rapports sur les travaux de la Direction du développement industriel, de rapports techniques de la Direction du développement industriel, et de rapports techniques de la Direction des services aux pêcheurs. Les numéros 92 à 110 sont parus à titre de rapports à l'industrie du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 111.

Les rapports à l'industrie sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Industry reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92-110 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

Industry reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

2007-00150

Rapport canadien à l'industrie
sur les sciences halieutiques et aquatiques 276

2006

LE CRABE VERT (*CARCINUS MAENAS*) : REVUE DE LITTÉRATURE ET SITUATION AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE

par

Nathalie Paille, Jean Lambert, Nathalie Simard et Selma Pereira[1]

Direction régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Qc) G5H 3Z4

[1]Direction régionale secteur des Îles-de-la-Madeleine, Ministère des Pêches et des Océans,
235 Chemin Principal, porte 206, Cap-aux-Meules (Qc), G4T 1R7

© Sa majesté la Reine du Chef du Canada, 2006.
N° de cat. Fs 97-14/276F ISSN 0704-3708

On devra citer la publication comme suit :

Paille, N., J. Lambert, N. Simard et S. Pereira. 2006. Le crabe vert (*Carcinus maenas*) : Revue de littérature et situation aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 276 : vi + 36 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX iv

LISTE DES FIGURES iv

RÉSUMÉ v

ABSTRACT vi

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 REVUE DE LITTÉRATURE 1

2.1 Origine et prolifération mondiale 1
2.2 Description de l'espèce 2
2.2.1 Apparence 2
2.2.2 Les différentes souches de crabe vert et ses conséquences 3
2.3 La biologie du crabe vert 4
2.3.1 Tolérances environnementales 4
2.3.2 Croissance et longévité 4
2.3.3 Reproduction et cycle de vie 5
2.3.4 Habitat et migration 7
2.3.5 Alimentation 8
2.3.6 Prédateurs 9
2.4 Impacts sur les écosystèmes et sur l'économie 9
2.4.1 Conséquences écologiques 9
2.4.2 Conséquences économiques 11
2.5 Efforts de contrôle déjà tentés 11

3.0 ÉCHANTILLONNAGES ET MÉTHODOLOGIE 13

3.1 Échantillonnage 2004 13
3.2 Échantillonnage 2005 Phase I 13
3.3 Échantillonnage 2005 Phase II 14
3.4 Autres observations indirectes 19
3.4.1 La biodiversité de la zostère 19
3.4.2 Les populations d'huîtres 19
3.4.3 Codium fragile ssp. tomentosoides 19

4.0 RÉSULTATS ET DISCUSSION 20

5.0 CONCLUSION 24

6.0 REMERCIEMENTS 24

7.0 BIBLIOGRAPHIE 25

ANNEXE 1 31

ANNEXE 2 32

ANNEXE 3 33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Comparaison de l'âge et largeur de carapace (LC) à la maturité sexuelle du crabe vert (*Carcinus maenas*) entre l'Europe et l'Amérique du Nord..... 6

Tableau 2. Durée approximative (jours) de chacun des stades larvaires du crabe vert (*Carcinus maenas*) en fonction de la température (°C) sous des conditions favorables de salinité et de disponibilité de nourriture (Dawirs 1985). 7

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Stations d'échantillonnage pour le crabe vert (*Carcinus maenas*) aux Îles-de-la-Madeleine en 2004..... 15

Figure 2. Stations d'échantillonnage pour le crabe vert (*Carcinus maenas*) aux Îles-de-la-Madeleine en 2005, phase I. 16

Figure 3. Stations d'échantillonnage pour le crabe vert (*Carcinus maenas*) aux Îles-de-la-Madeleine en 2005, phase II volet 1..... 17

Figure 4. Stations d'échantillonnage pour le crabe vert (*Carcinus maenas*) aux Îles-de-la-Madeleine en 2005, phase II volet 2..... 18

Figure 5. Localisation des stations échantillonnées dans le Bassin aux Huîtres en 2005 (M. Giguère, IML, MPO, Mont-Joli, Qc, comm. pers.) 20

RÉSUMÉ

Paille, N., Lambert, J., Simard, N. et Pereira, S. 2006. Le crabe vert (*Carcinus maenas*) : revue de littérature et situation aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 276 : vi + 36 p.

Le crabe vert (*Carcinus maenas*) a fait son apparition aux Îles-de-la-Madeleine pour la première fois en 2004. Sept crabes verts ont été trouvés par un pêcheur d'anguille dans la région du havre de la Grande Entrée dont deux ont été rapportés à Pêches et Océans Canada (MPO). Un programme d'échantillonnage intensif a été réalisé en 2004 et 2005 afin d'évaluer la situation de cette espèce dans cette région. Deux autres crabes ont été capturés par le MPO en 2004. Aucun individu n'a été capturé en 2005. La situation géographique et les conditions environnementales des Îles-de-la-Madeleine en font une région à risque qu'il est nécessaire de surveiller étroitement. Les conséquences écologiques de l'arrivée de *C. maenas* sur les communautés indigènes des Îles-de-la-Madeleine sont inconnues à ce jour. La surveillance des voies d'introduction potentielles, un suivi annuel et la mise sur pied d'un plan de gestion des populations en cas d'invasion sont des actions nécessaires pour limiter les risques d'introduction et les conséquences écologiques et économiques inhérentes à une possible invasion du crabe vert. Ce document présente les caractéristiques de cette espèce et la problématique reliée à cette dernière. Des recommandations pour le contrôle de cette espèce sont évoquées pour le cas particulier des Îles-de-la-Madeleine.

ABSTRACT

Paille, N., Lambert, J., Simard, N. and Pereira, S. 2006. The green crab (*Carcinus maenas*): literature review and current status in the Magdalen Islands. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 276: vi + 36 p.

The green crab (*Carcinus maenas*) was identified in the Magdalen Islands for the first time in 2004. Seven crabs were observed by an eel fisherman near the Great Entry harbour, two of which were brought to the local Fisheries and Oceans Canada (DFO) office. Intensive sampling campaigns were undertaken in the summers of 2004 and 2005 to evaluate the regional status of this species. Two further crabs were caught by DFO during the 2004 campaign and none were captured in 2005. The geographic location and environmental conditions in the Magdalen Islands make the area at risk to invasion and monitoring should be continued. The potential ecological impacts of a *C. maenas* population becoming established in the Magdalen Islands are unknown. Monitoring of potential vectors of introduction, annual surveys, and the development of a rapid response plan are measures that must be put into place in order to limit the risks of introduction and subsequent impacts of a green crab invasion. The present document outlines the biology, ecology, and risks associated with the establishment of a green crab population. Specific recommendations with respect to control options for this species in the Magdalen Islands are also presented.

1.0 INTRODUCTION

Le crabe vert (*Carcinus maenas*) est présent au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse depuis 50 ans et à l'Île-du-Prince-Édouard depuis huit ans (MacPhail *et al.* 1955, Gillis *et al.* 2000, Audet *et al.* 2003). En 2004, plusieurs crabes verts auraient été observés aux Îles-de-la-Madeleine par un pêcheur d'anguille : un dans la baie Old-Harry, trois dans le Bassin aux Huîtres et trois dans la baie Clarke. Cependant, sur les sept spécimens, seulement deux ont été rapportés au Ministère des Pêches et des Océans (MPO) : un premier capturé le 31 août 2004 provenant de la baie Old-Harry et un second capturé le 29 septembre 2004 provenant de la baie Clarke. Étant donné le succès invasif du crabe vert au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse (MacPhail *et al.* 1955, Audet *et al.* 2003), il est justifié de croire que la proximité des Îles-de-la-Madeleine et les conditions environnementales relativement similaires qui y règnent rendent cette région particulièrement à risque quant à l'introduction et l'établissement de *C. maenas*. Par ses nombreuses baies, ses bassins, ses eaux chaudes en été, ses zostéraies, ses rivages à spartine et sa biodiversité marine, les Îles-de-la-Madeleine offrent des habitats adéquats pour la survie et la reproduction de cette espèce. Puisque l'économie de cette région repose en bonne partie sur l'exploitation de ses ressources marines telles que le homard et les mollusques, l'introduction du crabe vert dans l'écosystème a tout lieu de créer une certaine inquiétude. Le MPO a donc dressé un plan d'action dont les principaux objectifs sont : 1) évaluer la situation aux Îles-de-la-Madeleine; 2) approfondir les connaissances sur le crabe vert et; 3) sensibiliser la population. Le présent document vise à présenter une revue des connaissances sur les caractéristiques et la biologie de *C. maenas* qui s'appliquent à la côte est de l'Amérique du nord et au sud du golfe du Saint-Laurent. Un aperçu des impacts écologiques et économiques liés à cette espèce et des tentatives de contrôle est également présenté. Enfin, les résultats de plusieurs échantillonnages effectués en 2004 et 2005 visant à localiser et évaluer l'abondance de cette espèce aux Îles-de-la-Madeleine y sont présentés. Les résultats de ces échantillonnages permettront aussi : 1) d'identifier les espèces qui se trouvent dans le même type d'habitat que le crabe vert et qui pourraient être touchées par la prolifération de cette espèce et; 2) effectuer un suivi et établir des méthodes de gestion de cette espèce non indigène afin de limiter sa propagation et les problèmes écologiques et économiques liés à son introduction et à une éventuelle prolifération.

2.0 REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 ORIGINE ET PROLIFÉRATION MONDIALE

Le crabe vert est une espèce originaire de la mer du Nord et des côtes atlantiques européennes et nord-africaines (de la Norvège à la Mauritanie) avec des populations aux îles Féroé et en Islande (Roman et Palumbi 2004, WDFW 2002). Cependant, il a été introduit et prolifère aujourd'hui dans plusieurs régions côtières du monde.

En Amérique du Nord, le crabe vert fait une première apparition sur la côte est des États-Unis en 1817 au New Jersey et à Long Island, New York (Say 1817, revue par Audet *et al.* 2003). Vers 1900, il occupait un territoire allant du New Jersey (Delaware Bay) à Cape Cod au Massachusetts. Par la suite, son expansion a continué jusqu'au Maine (Behrens Yamada 2001). En 1951, il apparaît en territoire canadien à Passamaquoddy Bay au Nouveau-Brunswick et en 1953 il est observé sur les côtes de la Nouvelle-Écosse (Sandy Cove dans St. Mary Bay et Pereau River à l'entrée du Minas Basin) (MacPhail *et al.* 1955, Audet 2003). L'arrivée du crabe vert dans le sud du golfe du Saint-Laurent a lieu dans les années 1990. Ce n'est qu'en 1998 que le crabe vert est observé à l'Île-du-Prince-Édouard (Gillis *et al.* 2000, Audet *et al.* 2003) et en 2004, quelques individus sont observés aux Îles-de-la-Madeleine.

La colonisation de la côte ouest de l'Amérique du Nord est plus récente. Les premiers individus sont observés en 1989-1990 à San Francisco (Cohen *et al.* 1995). En 1995, le crabe vert occupe un territoire de plus de 120 km au nord de San Francisco (Bodega Bay et Humboldt Bay). Par la suite, le courant océanique El Niño de 1997-1998 lui a permis d'étendre son territoire jusqu'en Oregon (1997), Washington (1998) et l'île de Vancouver (1999). En 2001, l'habitat occupé par cette espèce s'étend de Point Conception en Californie jusqu'à Nootka Sound en Colombie-Britannique (Behrens Yamada *et al.* 2000, Behrens Yamada 2001). Par contre, en raison de sa tolérance à une large gamme de température, l'habitat potentiel du crabe vert sur la côte ouest américaine pourrait s'étendre du golfe de l'Alaska jusqu'à Baja California, Mexique (Hines et Ruiz 2001, Carlton et Cohen 2003).

En plus de l'Amérique du Nord, le crabe vert a également colonisé le sud et l'est de l'Australie. Le premier individu dans ce pays a été rapporté en 1900 (CRIMP 2000). Le crabe vert est également présent en Tasmanie depuis 1993 (Gardner *et al.* 1994, CRIMP 2000) et en Afrique du Sud depuis 1983 (Le Roux *et al.* 1990, Behrens Yamada 2001).

Il est probable que l'on ne connaîtra jamais de façon certaine la manière dont le crabe vert a été introduit dans ces différentes parties du monde. Différents vecteurs peuvent néanmoins être considérés tels que la dérive larvaire via les courants marins, les eaux de lest des bateaux commerciaux, le transfert d'organismes pour l'aquaculture, ou encore, la distribution et le transport international maritime et aérien de produits marins frais (CRIMP 2000, Behrens Yamada 2001, WDFW 2002). L'expansion des populations se ferait principalement par dérive larvaire et ne serait pas graduelle mais épisodique. Il faut plusieurs années pour qu'une population établie produise suffisamment de larves pour coloniser de nouveaux territoires (Behrens Yamada 2001).

2.2 DESCRIPTION DE L'ESPÈCE

2.2.1 Apparence

Le crabe vert est un petit crabe côtier. Malgré son nom commun, la couleur de la carapace ne peut être considérée comme un caractère distinctif. Elle peut varier du brun foncé au vert foncé parsemé de petites taches jaunes (WDFW 2002) (Annexe 1). La face ventrale du crabe vert adulte peut également prendre différentes teintes. Elle est verte en début d'intermue et devient

orange ou rouge brunâtre lorsque l'intermue se prolonge (Kaiser *et al.* 1990, Aagaard *et al.* 1995, Behrens Yamada 2001, WDFW 2002, Audet 2005). Les principales caractéristiques distinctives du crabe vert sont les cinq larges épines triangulaires de chaque côté des yeux ainsi que les trois petits lobes situés entre les yeux (Behrens Yamada 2001, Behrens Yamada et Hauk 2001, WDFW 2002) (Annexe 1). La taille adulte maximale varie entre les lieux géographiques et se situe généralement entre 60 et 100 mm de largeur de carapace (LC) (WDFW 2002, revue par Behrens Yamada *et al.* 2005).

Le mâle et la femelle se distinguent principalement par la forme de l'abdomen lorsqu'ils ont une taille supérieure à 15 mm (LC). L'abdomen du mâle a une forme triangulaire contrairement à celui de la femelle qui est plus large et arrondi (Behrens Yamada 2001) (Annexe 1). Il est possible également de les distinguer en observant les pléopodes lorsque l'abdomen est déplié. Le mâle possède deux paires de pléopodes sur les segments abdominaux 1 et 2 et ces derniers sont modifiés en organes copulatoires. La première paire a une forme tubulaire et la deuxième paire a été modifiée pour servir de piston (Behrens Yamada 2001, Hartnoll 1969). La femelle possède, quant à elle, quatre paires de pléopodes sur les segments abdominaux 2 à 5 qui sont adaptés pour porter les œufs. Le comportement du mâle et de la femelle diffère également lorsqu'ils atteignent une taille supérieure à 30 mm (LC). Contrairement au mâle, la femelle a tendance à garder ses pattes et ses pinces repliées sous son corps lorsqu'elle est manipulée (Behrens Yamada 2001).

2.2.2 Les différentes souches de crabe vert et ses conséquences

Selon Roman et Palumbi (2004), il y aurait à l'intérieur même des populations d'origine de *C. maenas* une structure génétique régionale significative. Ils ont en effet discerné des populations génétiquement différentes le long des côtes européennes dans l'Atlantique Nord. La division génétique la plus marquée se trouve entre les populations situées au large (îles Féroé et Islande) et toutes celles du plateau continental européen. Ces différences génétiques seraient le résultat d'une isolation à long terme des populations des îles Féroé et de l'Islande. Une autre division significative mais moins marquée est également observée entre les populations de la Mer du Nord et le reste des côtes de l'Europe de l'Ouest. La division se situe entre Hoek van Holland aux Pays-Bas et Bremerhaven en Allemagne.

Les populations situées à l'ouest du golfe du Maine et celles du golfe du Saint-Laurent seraient des lignées génétiquement différentes et les populations situées à l'est du golfe du Maine (jusqu'à Halifax, Nouvelle-Écosse) seraient apparemment un mélange de ces deux lignées. Celles du golfe du Saint-Laurent, qui ne se trouvent nulle part ailleurs en Amérique du Nord, pourraient dériver des populations de la Mer du Nord (Cameron et Metaxas 2005).

Les différentes populations européennes seraient adaptées à leur environnement respectif et par conséquent à des gammes de température et de salinité différentes. Cette caractéristique en fait une espèce capable d'envahir une vaste gamme d'habitats. Ainsi, selon Cameron et Metaxas (2005), les populations originaires des régions froides comme l'Islande où la température de l'eau atteint rarement 10°C pourraient expliquer l'expansion de *C. maenas* dans les eaux froides de l'Amérique du Nord tandis que les populations originaires de la Baltique pourraient expliquer la tolérance des stades larvaires aux faibles salinités de Bras d'Or Lake (Cap-Breton, Nouvelle-Écosse). La possibilité d'invasion de différentes lignées génétiques combinée à l'adaptabilité du

cycle reproducteur de *C. maenas* pourraient avoir, selon ces mêmes auteurs, une forte influence sur le succès invasif de cette espèce.

Il existe également une espèce similaire à *C. maenas*; il s'agit de *Carcinus aestuarii* que l'on trouve dans le bassin méditerranéen. Malgré leur ressemblance physique, les différences génétiques entre les deux espèces sont telles qu'une séparation taxonomique est justifiée. Des deux espèces, il semble que *C. maenas* soit l'espèce envahissante la plus fréquente dans les différentes parties du monde (Geller *et al.* 1997, Behrens Yamada et Hauck 2001, Roman et Palumbi 2004).

2.3 LA BIOLOGIE DU CRABE VERT

2.3.1 Tolérances environnementales

C. maenas tolère une large gamme de température et de salinité lui permettant de s'adapter facilement à de nouveaux environnements hors de son aire d'origine. Il tolère des températures allant de 0 à 33°C et des salinités allant de ~4-10 à 54 ‰ (Broekhuysen 1936, CRIMP 2000, revue par Behrens Yamada 2001, WDFW 2002). L'étude de Audet (2005) rapporte que l'activité du crabe vert, à l'Île-du-Prince-Édouard, reprend au printemps lorsque les températures atteignent 10°C et cessent à l'automne lorsque les températures se situent entre 2 et 6°C. Le crabe vert cesse de s'alimenter à des températures en dessous de 7°C et la température minimale pour la croissance est de 7-10°C (Ropes 1968, Eriksson et Edlund 1977, Berrill 1982, Behrens Yamada *et al.* 2005). La reproduction chez cette espèce nécessite des températures allant de 10 à 18-26°C (Broekhuysen 1936, Rasmussen 1973) ainsi qu'une salinité minimale de 13 ‰ (Dries et Adelung 1982 cité dans Cohen *et al.* 1995).

La tolérance des œufs et des larves à la température et à la salinité est cependant moins grande que celle des adultes. La survie et le développement des œufs demandent une température de 6 à 25°C et une salinité de 17 à 39 ‰. La survie et le développement des larves nécessitent également une température minimale de plus de 6°C et une salinité minimale de 17-19 ‰ (Broekhuysen 1936, Crothers 1967, Rasmussen 1973, Dries et Adelung 1982 cités dans Cohen *et al.* 1985, Dawir 1985, WDFW 2002). Hines et Ruiz (2001) ont observé 100 % de mortalité chez les larves à 5°C (à des salinités de 20 et 30 ‰) et à 20 ‰ (à des températures entre 5 et 12.5 °C). Il est à souligner que la tolérance à la salinité varie en fonction de la température. Par exemple, à 10°C, les œufs tolèrent des salinités de 26 ‰ et plus alors qu'à 16-17°C, ils sont capables de tolérer des salinités de 20 ‰ et plus (Broekhuysen 1936).

Le crabe vert est également capable de tolérer une exposition à l'air libre de 10 jours lorsque l'air est humide et frais (Crothers 1968).

2.3.2 Croissance et longévité

Le crabe vert croît par une succession de mues. La température et la nourriture sont deux facteurs importants pour la croissance. La fréquence de mue est plus élevée lorsque la température est

chaude et la nourriture abondante. Une quantité de nourriture insuffisante affecte également le taux d'accroissement à la mue (Mohamedeen et Hartnoll 1989, Klein Breteler 1975a).

Le crabe vert cesse de muer lorsque la température atteint 10°C ou moins et il cesse de se nourrir en bas de 7°C. Pour ces raisons, la rapidité de croissance diffère suivant le lieu et la longueur de la saison de croissance. Par exemple, dans les états de l'Oregon et de Washington (États-Unis), la taille du crabe vert se situerait entre 32 et 60 mm (LC) après un premier été de croissance (Behrens Yamada *et al.* 2005) tandis qu'au Maine, un crabe d'un an mesure entre 10 et 17 mm (LC) selon Berrill (1982). Sur la côte est de l'Amérique du Nord (Maine), la croissance s'effectue entre les mois de mai et novembre et il n'y a pratiquement aucune croissance durant l'hiver (Berrill 1982). Outre la température et la disponibilité de nourriture, d'autres facteurs tels que le parasitisme (Torchin *et al.* 2001) et les relations intraspécifiques (Klein Breteler 1975b, Behrens Yamada 2001) peuvent limiter la fréquence de mue. Selon Broekhuysen (1936), lorsque le crabe vert atteint sa maturité sexuelle, la fréquence de mue diminue à une fois par année et avec l'âge, la fréquence de mue diminue à moins d'une fois par année (Behrens Yamada 2001). Le taux de croissance à la mue varie suivant les régions et les conditions environnementales. Selon différentes études, il se situe généralement entre 20 et 42 % (LC) (Broekhuysen 1936, Klein Breteler 1975 a,b, Mohamedeen et Hartnoll 1989, Behrens Yamada *et al.* 2000, Behrens Yamada *et al.* 2005). Selon les expériences de Broekhuysen (1936), le taux de croissance ne serait que de 11 à 14 % chez les gros individus (>48 mm LC).

Les femelles matures sont généralement plus petites que les mâles matures. La taille maximale semble être relativement constante et se situe entre 60 et 79 mm pour les femelles et 71,5 et 100 mm pour les mâles (revue par Behrens Yamada *et al.* 2005). Un crabe qui n'a pas mué depuis longtemps, meurt de vieillesse. L'espérance de vie du crabe vert serait de quatre à six ans suivant les endroits (MacPhail 1955, Berrill 1982, Behrens Yamada *et al.* 2005).

2.3.3 Reproduction et cycle de vie

L'âge à la maturité sexuelle varie beaucoup d'un site à l'autre, allant de moins d'un an à trois ans. Plus la saison de croissance est longue, plus la maturité sexuelle sera atteinte rapidement. La taille à la maturité sexuelle varie également en fonction des régions géographiques (Tableau 1).

L'accouplement se fait pendant la période de mue de la femelle. La femelle est accouplée immédiatement après avoir mué lorsqu'elle est encore molle. Le mâle dépose son sperme à l'intérieur d'une cavité spéciale que l'on nomme spermathèque (Hartnoll 1969). Le sperme peut être conservé 10 mois à un an à l'intérieur de la spermathèque et la femelle utilise cette quantité de sperme pour féconder les œufs d'une ou plusieurs pontes (Broekhuysen 1936, Klein Breteler 1983, Gillis *et al.* 2000). L'étude de Audet (2005) montre que dans le sud du golfe du Saint-Laurent (Île-de-Prince-Édouard), l'accouplement des femelles se ferait à partir de la fin août jusqu'en décembre avec un pic en septembre et la ponte des œufs aurait lieu principalement au début du mois de juillet lorsque la température de l'eau se situe entre 18 et 21,5°C. Les œufs sont fertilisés au moment de la ponte et sont gardés sous l'abdomen, attachés aux pléopodes. Le nombre d'œufs pondus varie en fonction de la taille de la femelle. Une femelle de 46 mm peut pondre entre 185 000 et 200 000 œufs (Broekhuysen 1936, MacPhail 1955, Williams 1984). Pendant le développement, les œufs changent de couleur passant du orange à gris foncé juste

avant l'éclosion (Williamson 1903). Lorsque les embryons sont complètement développés, la femelle agite les œufs et amorce le processus d'éclosion. Selon l'étude de Audet (2005), la durée de l'embryogenèse serait de 8 à 13 jours et l'éclosion aurait lieu à partir de la mi-juillet dans le sud du golfe du Saint-Laurent (Île-du-Prince-Édouard). Les résultats de cette étude suggèrent également que dans cette aire géographique, le crabe vert ne peut faire qu'une ponte par année.

Tableau 1. Comparaison de l'âge et de la largeur de carapace (LC) à la maturité sexuelle du crabe vert (*Carcinus maenas*) entre l'Europe et l'Amérique du Nord.

Lieux	**Taille à la maturité sexuelle (LC)**	**Sources**
Île-du-Prince-Édouard (sud du golfe Saint-Laurent)	LC : 37 - 44 mm (♀); 44 - 49 mm (♂)	Audet (2005)
Maine (côte est des États-Unis)	Âge : 2-3 ans (♀) LC : 34 - 45 mm (♀)	Berrill 1982
Isle of Man (Royaume-Uni)	Âge : 12e ou 13e stade de mue selon la température (♀) LC : 27 - 55 mm selon la température (♀)	Mohamedeen et Hartnoll 1989
Sud de la Mer du Nord	Maturité sexuelle possible dès la première année pour certains individus (♀♂); LC : >20 mm (♀), >25 mm (♂) À deux ans tous les individus sont matures	Broekhuysen 1936
Oregon / Washington (ouest des États-Unis)	Âge : <1 an LC : 32 mm	Behrens Yamada *et al.* 2005

Au moment de sa sortie de l'œuf, la larve est enveloppée d'une fragile membrane transparente; il s'agit du stade protozoé qui est très court (quelques heures) et souvent ignoré. Quatre stades larvaires (zoé) et un stade de transition (mégalope) suivent le stade protozoé. Les quatre stades zoé nagent librement dans la colonne d'eau et ressemblent à une minuscule crevette avec un rostre et une grande épine dorsale. La forme mégalope est un stade transitif entre le stade planctonique et le stade benthique. Une fois qu'elle trouve un habitat propice, elle s'y établit et mue (Williamson 1903, Crother 1967, Behrens Yamada 2001). Selon Berrill (1982), la forme mégalope mue très rapidement une fois qu'elle s'établit sur le fond. Elle atteint alors le premier stade benthique qui ressemble à la forme adulte et mesure environ 1,3 à 1,7 mm (LC) (Berrill 1982, Mohamedeen et Hartnoll 1989). Sur la côte est de l'Amérique du Nord (Maine), la forme mégalope apparaît principalement à la fin août et en septembre. Par la suite, des mues successives (entre 2 et 7) ont lieu jusqu'en automne où la température froide de l'eau inhibe la croissance jusqu'au printemps suivant. Le crabe vert mesure alors entre 3 et 10 mm (LC) (en

moyenne 5,5 mm ce qui correspondrait à cinq mues) (Berrill 1982). La durée des stades larvaires et du stade mégalope est inversement proportionnelle à la température (Tableau 2).

Tableau 2. Durée approximative (jours) de chacun des stades larvaires du crabe vert (*Carcinus maenas*) en fonction de la température (°C) sous des conditions favorables de salinité et de disponibilité de nourriture (Dawirs 1985).

	Zoé 1	Zoé 2	Zoé 3	Zoé 4	Mégalope	Durée totale du cycle larvaire (jours)
12°C	9 - 10	8 - 9	9 - 10	11 - 13	20 - 27	57 à 69
18°C	4 - 6	4 - 5	4 – 5	5 - 9	12 - 14	29 à 39
25°C	3	3	3	3	6	18

2.3.4 Habitat et migration

Les premiers stades benthiques ne sont pas distribués de façon aléatoire dans l'habitat. Ils occupent des microhabitats complexes avec de grandes densités de mollusques, de zostères et d'algues filamenteuses. Très peu se retrouvent en milieu ouvert comme les bancs de sable suggérant qu'au moment de la déposition, une sélection de l'habitat est effectuée par le stade mégalope. À partir du 2e stade benthique, les juvéniles semblent préférer les bancs de mollusques où le couvert végétal est moindre (Moksnes 2002).

Au stade adulte, *C. maenas* occupe divers habitats. Il affectionne les zones marines abritées et les estuaires et évite les zones turbulentes. On le trouve sur des fonds rocheux, sablonneux, vaseux, dans les zostéraies (*Zostera marina*) et les marais à spartine (Cohen *et al.* 1995, WDFW 2002). Il occupe généralement la zone intertidale et subtidale où il est observé à des profondeurs de 5 à 12 m (Crothers 1968, Williams *et al.* 2006). Il est cependant possible de l'observer de façon occasionnelle à des profondeurs plus grandes, de 20 à 30 m (Broekhuysen 1936), voire jusqu'à 200 m (Christiansen 1969).

Des études plus approfondies ont mis en évidence un partage de l'habitat intertidal et subtidal et des migrations à l'intérieur même de cet habitat selon la taille et le cycle de mue. Les petits crabes (<30 mm LC) se tiennent principalement dans la zone intertidale, peu importe le niveau de la marée. Les gros crabes (>30-35 mm LC) sont plus fréquemment observés dans la zone subtidale et ces derniers peuvent migrer dans la zone intertidale durant la marée haute pour se nourrir (Berrill 1982, Hunter et Naylor 1993). Les crabes en intermue prolongée (abdomen rouge) préféreraient rester dans la zone subtidale (Crothers 1968, Hunter et Naylor 1993).

Les données de Audet (2005) suggèrent qu'il est possible qu'une migration en eau plus profonde ait lieu lorsque la température de l'eau diminue en automne.

2.3.5 Alimentation

Les premiers stades larvaires (zoé) se nourrissent de plancton incluant du zooplancton, des bactéries, du phytoplancton et des particules détritiques enrichies de matière organique (Factor et Dexter 1993, Kumlu et Jones 1997).

Sous la forme adulte, il s'agit d'un prédateur sélectif bien que parfois il puisse être opportuniste et charognard. *C. maenas* est une espèce omnivore qui se nourrit principalement de mollusques bivalves (ex : *Mya arenaria, Mytilus edulis*). Il complète sa diète d'annélides (ex : *Nereis* sp.), de gastéropodes (ex : *Littorina* sp. et *Polinices* sp.), de crabes (ex : *Pagurus* sp., *Cancer irroratus*, *Carcinus maenas*), de petits arthropodes (ex : isopodes, amphipodes), de balanes, de foraminifères, d'hydroïdes, d'insectes, de poissons et parfois même de végétaux (ex : algues et *Spartina* sp.) (Ropes 1968, Elner 1981). Même si le homard (*Homarus americanus*) ne semble pas faire partie de la diète du crabe vert en Nouvelle-Écosse (Elner 1981), les expériences en laboratoire indiquent que le crabe vert adulte peut manger des jeunes homards (Williams *et al.* 2006). Parmi les poissons, le crabe vert s'attaque entre autres aux pleuronectidés (ex : plie canadienne ou *Pleuronectes americanus*) (Taylor 2005). Il est également capable de creuser dans le sédiment jusqu'à 15 cm de profondeur pour aller chercher une proie (Smith et Chin 1951, Williams 1984). Il est rapide, d'une grande dextérité et capable d'utiliser diverses tactiques pour ouvrir les bivalves. Il a également la capacité d'améliorer ses techniques de prédation (Cunningham et Hugues 1984, Moody et Steneck 1993, WDFW 2002).

La diète du crabe vert peut varier d'un endroit à l'autre suivant la disponibilité, l'abondance et la distribution géographique des proies potentielles. Sa diète est diversifiée au point de consommer des proies faisant partie de plus de 104 familles et 158 genres (Cohen *et al.* 1995). Le crabe vert peut s'attaquer à des myes de taille égale à sa largeur de carapace mais il semble préférer celles de plus petite taille du fait qu'elles sont moins profondément enfouies (MacPhail *et al.* 1955, Floyd et Williams 2004). WDFW (2002) rapporte que le crabe vert ne s'attaque pas aux huîtres dont la taille excède 60 mm et aux autres mollusques dont la taille excède 45 mm.

La voracité du crabe vert varie énormément selon les auteurs. Selon MacPhail *et al.* (1955), dans les provinces maritimes du Canada, la lunatie (*Lunatia heros*) est considérée comme un grand prédateur indigène de *M. arenaria*. Or selon leurs observations, le crabe vert serait cinq fois plus vorace que la lunatie. Leurs expériences ont démontré qu'un gros crabe (57-76 mm) maintenu à une température de 12-14°C est capable de manger un gramme de chair (mye) par jour. Floyd et Williams (2004) ont observé un taux de consommation de 3 à 22 myes/crabe/jour (*M. arenaria* <17 mm). WDFW (2002) rapporte qu'un crabe vert entre 25 et 75 mm (LC) serait capable de consommer trois huîtres (< 60 mm) ou 36 moules (< 45 mm) par jour. Les travaux de Miron *et al.* (2005) montrent également que le crabe vert est capable de s'attaquer à des moules, des myes, des huîtres et des quahaugs de taille allant jusqu'à 40 mm. Selon Miron *et al.* (2002), l'alimentation varie de façon proportionnelle à la température.

Les contenus stomacaux peuvent varier entre différentes populations ou entre différents groupes à l'intérieur d'une population (Ropes 1968). Certains facteurs expliquent ces différences :

Le milieu : Certains aliments sont consommés selon l'aire d'alimentation. Par exemple, *Spartina* sp. qui est un type d'aliment très peu fréquent, est plus souvent observé dans l'alimentation des crabes vivant en zone intertidale (petits crabes). La disponibilité d'un type de nourriture dans l'aire d'alimentation influence également la quantité ingérée. Par exemple, un crabe vert situé dans un milieu où *M. arenaria* est très abondante aura tendance à consommer plus d'individus de cette espèce (Ropes 1968, Cohen *et al.* 1995)

Le sexe : Les chélipèdes qui seraient de forme et de taille différente chez les mâles et les femelles pourraient influencer le type et la taille des proies ingérées (Scherer et Reise 1981, Elner 1980).

Stade de mue : La dureté des chélipèdes diffère entre les stades de mue. La taille et le type de proies pourraient être privilégiés en fonction du stade de mue (Kaiser *et al.* 1990).

L'activité d'alimentation est également influencée par le cycle des marées et le cycle jour/nuit. Les crabes verts s'alimentent principalement durant la marée haute et préfèrent être actifs la nuit. Les pics d'activité ont donc lieu à marée haute durant la nuit (Ropes 1968, Crothers 1968, Eriksson *et al.* 1975, Hunter et Naylor 1993).

2.3.6 Prédateurs

En Amérique du Nord, du côté de l'Atlantique, on retrouve parmi les prédateurs du crabe vert : des crabes indigènes, la crevette grise (*Crangon crangon*), des poissons (ex.: anguille, chaboisseau, morue, plie), des oiseaux (ex.: bécasses, bécasseaux, hérons, cormorans, canards, goélands) et des mammifères marins (ex.: phoque commun) (Crothers 1968, revue par Cohen *et al.* 1995).

2.4 IMPACTS SUR LES ÉCOSYSTÈMES ET SUR L'ÉCONOMIE

Les études réalisées en Europe, en Amérique du Nord, en Afrique du Sud et en Australie ont démontré clairement que l'introduction du crabe vert peut avoir des conséquences sur la composition des communautés marines et causer un impact économique lorsque des espèces commercialement exploitées et/ou l'industrie de l'aquaculture sont affectées par la présence de cette espèce.

2.4.1 Conséquences écologiques

Les fortes populations de crabe vert peuvent modifier l'abondance, la structure de taille et la distribution locale des espèces dans l'écosystème. Par exemple, la prédation du crabe vert peut dans certains cas empêcher la création ou la régénération des bancs de mollusques bivalves (Jensen et Jensen 1985, Floyd et Williams 2004). Le Calvez (1984) et Cohen *et al.* (1995) rapportent également que le comportement fouisseur du crabe vert peut amener des changements au niveau du substrat, pouvant conduire à des changements dans les populations de l'endofaune. Menge (1983) rapporte que l'élimination des mollusques et des balanes des rivages abrités de la Nouvelle-Angleterre, par le crabe vert, laisse un substrat libre pour l'établissement et la survie de l'algue rouge *Chondrus crispus*.

Le suivi de l'introduction relativement récente du crabe vert en Californie a permis à Grosholz *et al.* (2001) d'illustrer en partie les impacts du crabe vert sur les populations d'un écosystème. Selon leurs observations, trois ans après l'introduction du crabe vert dans cette région, les densités du bivalve *Nutricola* spp. et du crabe *Hemigrapsus oregonensis* seraient cinq à dix fois plus faibles. L'abondance de 20 espèces d'invertébrés aurait diminué de façon significative sur une période de neuf ans tandis que d'autres espèces telles que certains polychètes (*Lumbrineris* sp. et *Exogene* sp.) et crustacés (*Leptochelia dubia*) ont vu leur abondance augmenter de façon significative.

Le crabe vert compétitionne également pour l'espace et la nourriture avec les autres espèces indigènes dont l'habitat se chevauche (Rossong *et al.* 2006, Williams *et al.* 2006). Selon Elner (1981), il serait possiblement un compétiteur indirect et direct du homard et des autres espèces de crabes. Le crabe vert peut capturer et manger les premiers stades benthiques du homard (Wahle et Steneck 1992, Barshaw *et al.* 1994) et, selon certaines études en laboratoire, il a le potentiel de compétitionner physiquement avec de jeunes homards de 55 à 70 mm de longueur de céphalothorax et de les dominer (Williams *et al.* 2006). D'un autre côté, le homard atteint une taille beaucoup plus grande que le crabe vert et un homard adulte est capable de capturer et manger un crabe vert adulte. Il existe donc une relation de dominance réciproque en fonction de la taille (Elner 1981, Williams *et al.* 2006). Des interactions ont également lieu entre le crabe vert et d'autres espèces de crabes (ex. : *Hemigrapsus oregonensis, Cancer magister*) et il est reconnu que le crabe vert a le potentiel de déplacer ou diminuer les populations indigènes par simple compétition et prédation (Grosholz *et al.* 2000, McDonald *et al.* 2001). L'étude de Miron *et al.* (2005) montre également qu'une compétition sérieuse concernant la nourriture peut être possible entre le crabe vert et le crabe commun (*C. irroratus*), une espèce indigène des Îles-de-la-Madeleine.

Par les liens prédateur-proie qui existent entre les différents niveaux trophiques, d'autres espèces peuvent être affectées par la présence du crabe vert. Ainsi, le crabe vert peut entrer en compétition avec d'autres prédateurs benthiques tels que les poissons et les oiseaux qui s'alimentent sur les mêmes types de proies (Cohens *et al.* 1995, Grosholz *et al.* 2000). Cependant, les effets sont plus difficilement quantifiables par la complexité des relations entre les diverses espèces. Les effets à court, moyen et long terme de l'introduction du crabe vert sur les différents niveaux trophiques sont encore peu connus.

L'introduction d'une espèce non indigène peut parfois être un vecteur de maladie ou de parasite qui affecte les populations de certaines espèces indigènes. Par exemple, le crabe vert peut être l'hôte intermédiaire du ver *Profilicollis botulus* qui cause une forte mortalité chez les eiders communs (*Somateria mollissima*) (WDFW 2002).

Concernant les zostéraies, les résultats de Davis *et al.* (1998) ont démontré que le crabe vert ne s'attaque pas directement aux plants de *Zostera marina*. Cependant, par son comportement fouisseur, il peut diminuer de façon significative le taux de survie des plants transplantés dans le cadre d'une restauration de zostéraies.

2.4.2 Conséquences économiques

Les principaux impacts rapportés concernent principalement l'industrie des mollusques. Le crabe vert peut avoir des impacts négatifs sur les populations de bivalves exploités commercialement tels que la mye (*Mya arenaria*), la moule (*Mytilus edulis*), le quahaug (*Mercenaria mercenaria*) et l'huître américaine (*Crassostrea virginica*) (Miron *et al.* 2002, 2005) pouvant mener à une modification de la ressource exploitable et par conséquent, à des impacts socio-économiques importants. L'arrivée du crabe vert dans la région du Maine dans les années 1950 est étroitement corrélée à une diminution massive des populations de myes (*M. arenaria*) (Smith et Chin 1951, Glude 1955) et à l'effondrement de la pêche au quahaug (*Mercenaria mercenaria*) (WDFW 2002). En Californie, la récolte du bivalve *Manila* sp. a diminué de 40 % depuis que le crabe vert s'est établi dans l'écosystème. Selon MacPhail *et al.* (1955), une population de 15 000 crabes verts serait capable de détruire en un mois un banc de myes de 4047 m^2 (1 acre) ayant une densité d'environ 50 myes/m^2 de 3 à 5 cm de longueur de coquille ou plus rapidement encore si les myes sont de taille plus petite. Les impacts économiques se font également sentir dans l'industrie aquicole par une mortalité par prédation plus élevée et par une modification des méthodes de culture visant à limiter les pertes (WDFW 2002). Ces modifications impliquent des coûts supplémentaires non négligeables tels que la pose de barrières ou de filets protecteurs.

Concernant l'exploitation des crustacés tels que le homard (*Homarus americanus*), une industrie de plusieurs millions de dollars, l'impact que le crabe vert peut avoir sur cette ressource est encore imprécis du fait de l'existence d'une domination réciproque des deux espèces suivant la taille (Elner 1981, Williams *et al.* 2006).

Le Portugal, la France, l'Espagne et l'Angleterre exploitent *C. maenas* comme ressource alimentaire et le Japon fait de même avec la souche méditerranéenne (*C. aestuarii*). Le crabe vert est également utilisé en Europe et sur la côte est américaine comme appât (Cohen *et al.* 1995, Lafferty et Kuris 1996).

2.5 EFFORTS DE CONTRÔLE DÉJÀ TENTÉS

Partout où le crabe vert a été introduit, plusieurs actions ont été mises en place pour tenter de contrôler l'expansion de cette espèce et ses impacts.

Avant l'arrivée du crabe vert dans l'état de Washington, des travaux ont été effectués pour développer une stratégie d'aménagement des espèces aquatiques nuisibles dont l'objectif premier était de prévenir de futures introductions et de développer des mécanismes de surveillance et de contrôle des espèces envahissantes. Des mesures préventives et une réglementation concernant les mollusques, l'aquaculture, l'importation et le transfert d'invertébrés aquatiques à l'intérieur de l'état ont été mises en place. À titre d'exemple, mentionnons la décontamination des mollusques transférés (bain d'une heure dans une solution chlorée), les inspections régulières des productions et des équipements des aquaculteurs, le permis spécial pour le transport de spécimens vivants et la permission obligatoire pour importer des crabes verts pour fin d'études. Un programme d'éducation de la population concernant son rôle dans la prévention a été mis sur pied.

Suite à l'introduction du crabe vert, un échantillonnage à long terme effectué par le gouvernement, diverses agences privées et la population locale a été réalisé pour contrôler et prévenir l'expansion du crabe vert. L'objectif de ce programme était de diminuer le nombre de crabes verts dans l'écosystème côtier. Un programme d'échantillonnage et d'observation réalisé par une équipe de volontaires a également été mené dans les milieux propices encore intacts afin de réagir le plus rapidement possible en cas d'introduction (WDFW 2002).

Au Canada et aux États-Unis, différentes mesures de contrôle ont été testées avec différents degrés de succès incluant l'installation de barrières protectrices, des changements dans les méthodes de culture, le contrôle biologique, la capture et l'empoisonnement. Flimlin et Beal (1993) rapportent qu'en couvrant ou en entourant les mollusques d'élevage d'un filet ou d'un grillage de plastique ou de métal, il est possible de diminuer la prédation du crabe tout en permettant une bonne circulation de l'eau. Selon Gillis *et al.* (2000), des mailles de 8 à 45 mm peuvent être utilisées pour protéger des huîtres de 15 à 47 mm de long et des sacs protecteurs (Vexar-bag) ont été utilisés pour la protection des jeunes huîtres au Nouveau-Brunswick et à l'Île-du-Prince-Édouard. La culture suspendue est également un moyen de protection pour les huîtres et aux États-Unis, des aquaculteurs ont utilisé le potentiel prédateur du poisson crapeau (Batrochoididae, *Opsanus tau*) pour contrôler les populations de crabe en l'introduisant ou en créant un habitat propice à cette espèce sur le site d'élevage (Flimlin et Beal 1993). En Californie, une étude a permis d'établir qu'en retardant la période d'ensemencement ou de transfert des bivalves *Manila*, il est possible de diminuer les pertes dues à la prédation du crabe vert lorsque celui-ci est abondant (Grosholz *et al.* 2001). Dans certaines juridictions d'Amérique du Nord, des contrôles à l'aide de pesticides chimiques ont été tentés. En Nouvelle-Angleterre, des appâts imprégnés de pesticides (chemical-soaked bait) ont été utilisés comme barrière pour contrôler l'accès des bancs de mollusques au crabe vert. Il semblerait que ce type de barrière ait diminué la population de crabes verts résidant dans la zone protégée de 76 % en neuf semaines (Gillis *et al.* 2000).

Dans d'autres cas, comme au Maryland (É.-U.), un système de récompense financière a été instauré pour la capture de crabe vert (Fincham 1996). Aucune information ne semble disponible quant au degré d'efficacité d'un tel programme.

Au Canada, un *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast* issu de la *Loi de 2001 sur la marine marchande* (2001), devrait entrer en vigueur en 2006. Ce dernier oblige tous les navires à traiter leurs eaux de lest et les sédiments accumulés dans les réservoirs, les décharger dans une installation de réception, les garder à bord, ou encore, procéder à des échanges. Ces échanges doivent être effectués à plus de 200 milles marins au large des côtes dans des eaux d'au moins 2000 m de profondeur ou dans des zones auxiliaires d'échange approuvées et identifiées dans le règlement. Cette mesure devrait limiter les probabilités d'introduction d'espèces non indigènes.

3.0 ÉCHANTILLONNAGES ET MÉTHODOLOGIE

3.1 ÉCHANTILLONNAGE 2004

Un échantillonnage systématique a été réalisé entre le 28 septembre et le 6 octobre 2004 dans le havre de la Grande Entrée ainsi que dans les trois bassins où le crabe vert a été rapporté (le Bassin aux Huîtres, la baie Old-Harry et la baie Clarke) (Figure 1).

À l'exception du Bassin aux Huîtres, l'échantillonnage consistait à pêcher avec un casier à l'intérieur de l'isobathe de 2 m (entre 1 et 2 m de profondeur) à chaque demi-mille nautique (environ 900 m). Les casiers utilisés étaient des casiers à crabe commun et des casiers à homard dont les lattes ont été rapprochées afin de les adapter à la pêche au crabe vert. Les deux types de casiers n'avaient pas d'évent d'échappement et l'appât utilisé était le maquereau ou le hareng. La levée de casier s'est faite après 24 heures d'immersion. Deux jours de pêche (2 fois 24h) avec le même type de casiers ont été effectués le long de transects dans le Bassin aux Huîtres (Figure 1).

Des petits casiers pyramidaux spécialement conçus pour le crabe vert (Annexe 2) ont également été placés sur les sites où le crabe vert aurait été observé par le pêcheur d'anguille. Cinq casiers ont été placés dans le Bassin aux Huîtres, quatre dans la baie Old-Harry et quatre dans la baie Clarke (points jaunes sur la Figure 1). Les sites échantillonnés étaient en eau peu profonde et accessibles à pied. Les casiers ont été levés aux 24 heures pendant trois jours.

Les données recueillies étaient le nombre, la taille et le sexe de chaque crabe vert capturé ainsi que le poids total de la capture de crabe vert. La position, le numéro et le type de casier ont été notés ainsi que la date et l'heure de la mise à l'eau et de la levée des casiers. Afin de documenter l'importance des autres espèces pouvant être affectées par la présence du crabe vert, une caractérisation qualitative des captures de crabe commun a été faite selon trois classes de taille de carapace (largeur de carapace) (<5 cm ; 5 à 10 cm ; >10 cm) et la présence des autres organismes capturés a été notée.

Les crabes verts capturés ont été placés individuellement dans un pot contenant un mélange d'éthanol 95 % et de glycérine 4 % pour des analyses ultérieures : soit la confirmation de l'identification, l'analyse des spermathèques chez les femelles et l'analyse génétique des populations si le nombre d'individus capturés est assez élevé.

3.2 ÉCHANTILLONNAGE 2005 PHASE I

Un échantillonnage systématique a été effectué du 8 au 30 juin 2005 dans la région de la Grande Entrée un peu avant la ponte présumée des femelles (Audet 2005). Deux jours de pêche (2 fois 24h) ont été réalisés dans les endroits où le crabe vert a été observé, soit la baie Clarke, la baie Old-Harry et le Bassin aux Huîtres. Par la suite, une pêche exploratoire de 24 heures a été effectuée dans la baie de la Grosse Île, la baie de Petite Pointe et le long des côtes du havre de la Grande Entrée (Figure 2). L'échantillonnage consistait à pêcher avec les petits casiers pyramidaux conçus spécialement pour le crabe vert et des trappes à vairons dont l'ouverture a été agrandie à 6-7 cm (Hunt *et al.* 1998) (Annexe 2). La dimension des mailles de ces deux types de

trappe étaient de 0,6 mm permettant la capture de crabes juvéniles. Les casiers à homard et les casiers à crabe commun ont été abandonnés en raison de leur trop grande taille pour le type d'échantillonnage effectué. Étant donné que le crabe vert est essentiellement une espèce intertidale et subtidale, les engins de pêche ont été déposés de façon régulière le long des côtes, à environ 300 m de distance les unes des autres, à environ 50 cm de profondeur sous la ligne de marée basse et, si possible, près de la zostère. La levée des trappes se faisait aux 24 heures (temps d'immersion maximal) et l'appât utilisé était le maquereau. La méthode de conservation et les données recueillies sont les mêmes qu'en 2004. Des observations visuelles dans la zone intertidale ont été faites également sur les trois sites où le crabe vert a été observé. La méthode de conservation et les données recueillies ont été les mêmes que celles décrites en 2004. Dans la mesure du possible, les fonds ont été caractérisés.

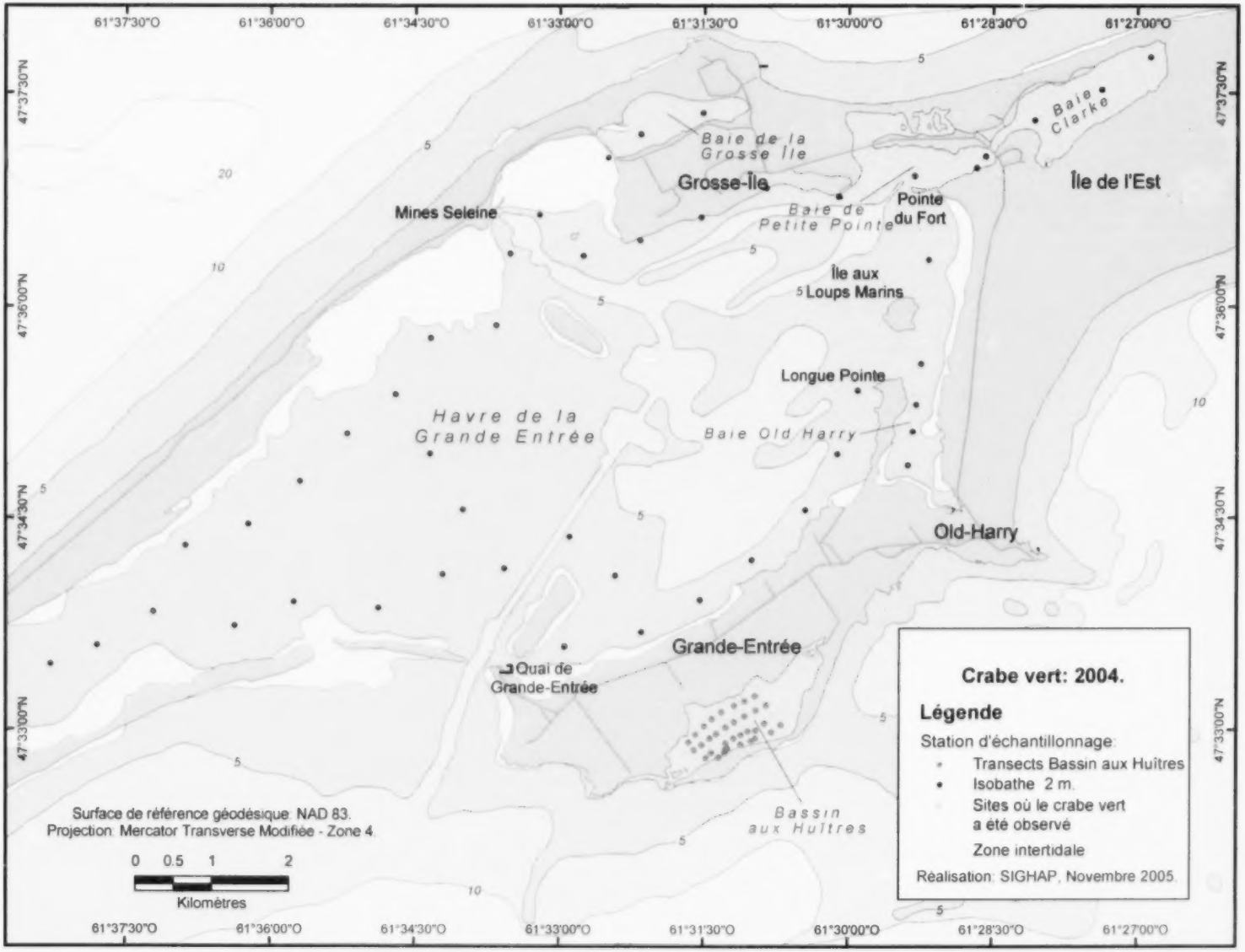
3.3 ÉCHANTILLONNAGE 2005 PHASE II

La phase II a été divisée en deux volets. La méthode de conservation et les données recueillies ont été les mêmes que celles décrites en 2004.

Volet 1 : Un échantillonnage plus intensif a eu lieu entre le 18 et le 28 juillet 2005 dans les trois bassins où le crabe vert était susceptible d'être présent soit le Bassin aux Huîtres, la baie Old-Harry et la baie Clarke. La technique de pêche a été la même que celle décrite dans la phase I sauf que la distance entre les trappes a été diminuée à environ 75 mètres. La baie Clarke et le Bassin aux Huîtres ont été échantillonnés trois fois pendant 24 heures. La baie Old-Harry a été échantillonnée trois fois avec des temps d'immersion de 72, 24 et 48 heures respectivement (Figure 3).

Volet 2 : Afin de s'assurer que cette espèce n'ait pas colonisé d'autres sites aux Îles-de-la-Madeleine, un autre échantillonnage couvrant les habitats propices à l'établissement du crabe vert ailleurs dans les Îles-de-la-Madeleine a été effectué. L'échantillonnage a couvert les zones suivantes : le havre de la Grande Entrée, la lagune du Havre aux Maisons, la baie du Havre aux Basques, la baie du Bassin et le havre de Havre-Aubert. La technique de pêche a été la même que celle décrite dans la phase I sauf que la distance entre les trappes a été diminuée à environ 75 mètres (Figure 4).

Figure 1. Stations d'échantillonnage pour le crabe vert (*Carcinus maenas*) aux Îles-de-la-Madeleine en 2004.



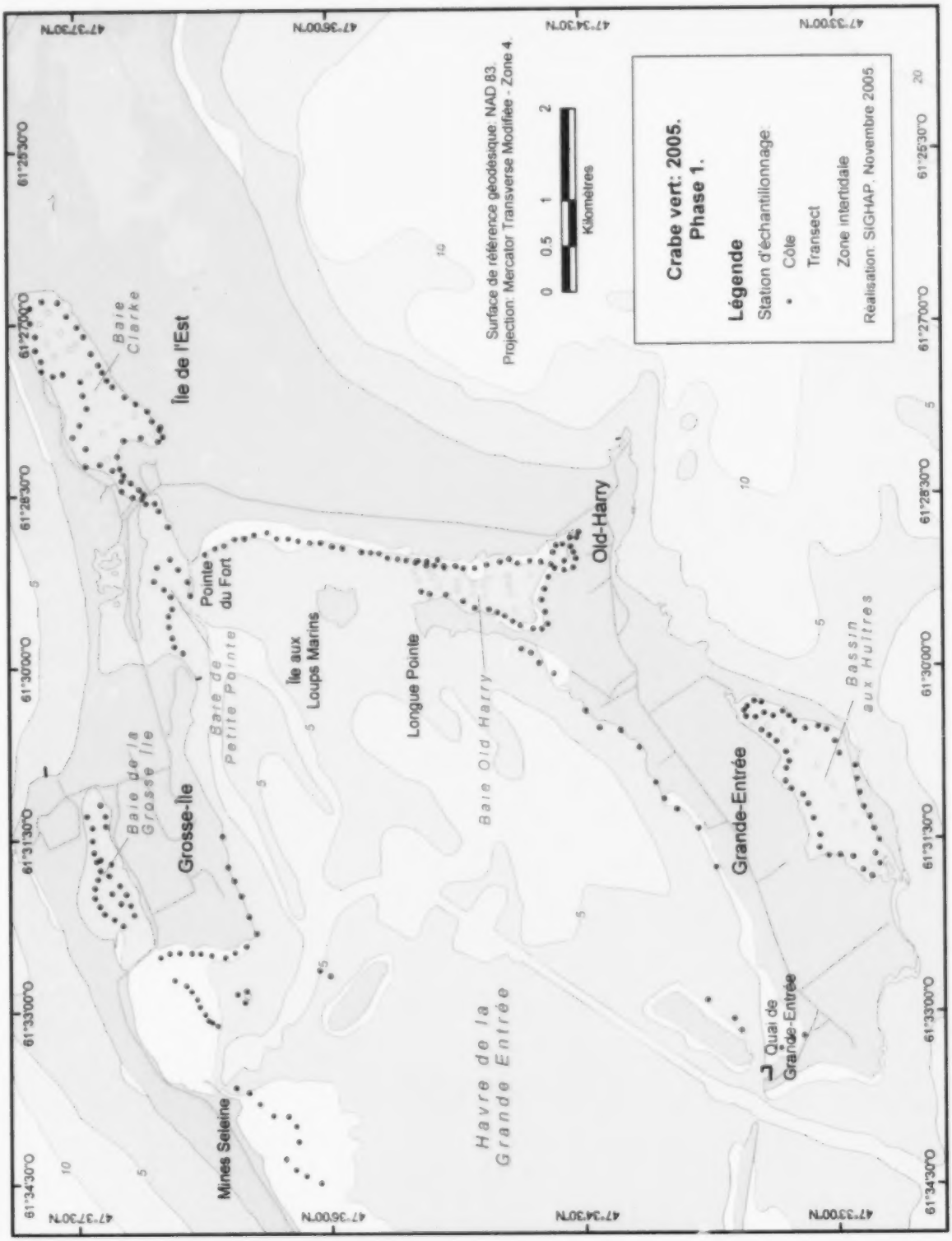


Figure 2. Stations d'échantillonnage pour le crabe vert (*Carcinus maenas*) aux Îles-de-la-Madeleine en 2005, phase 1.

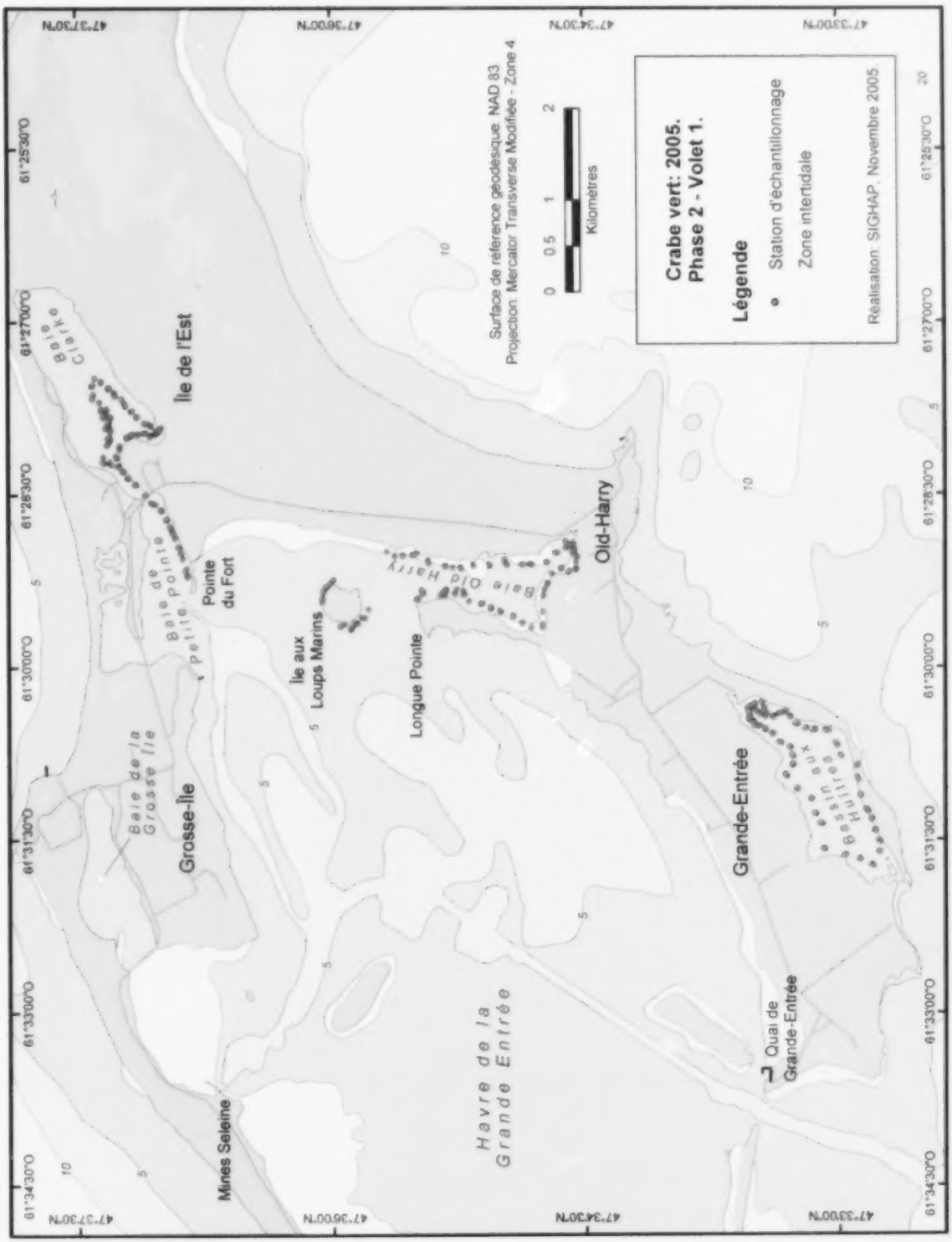
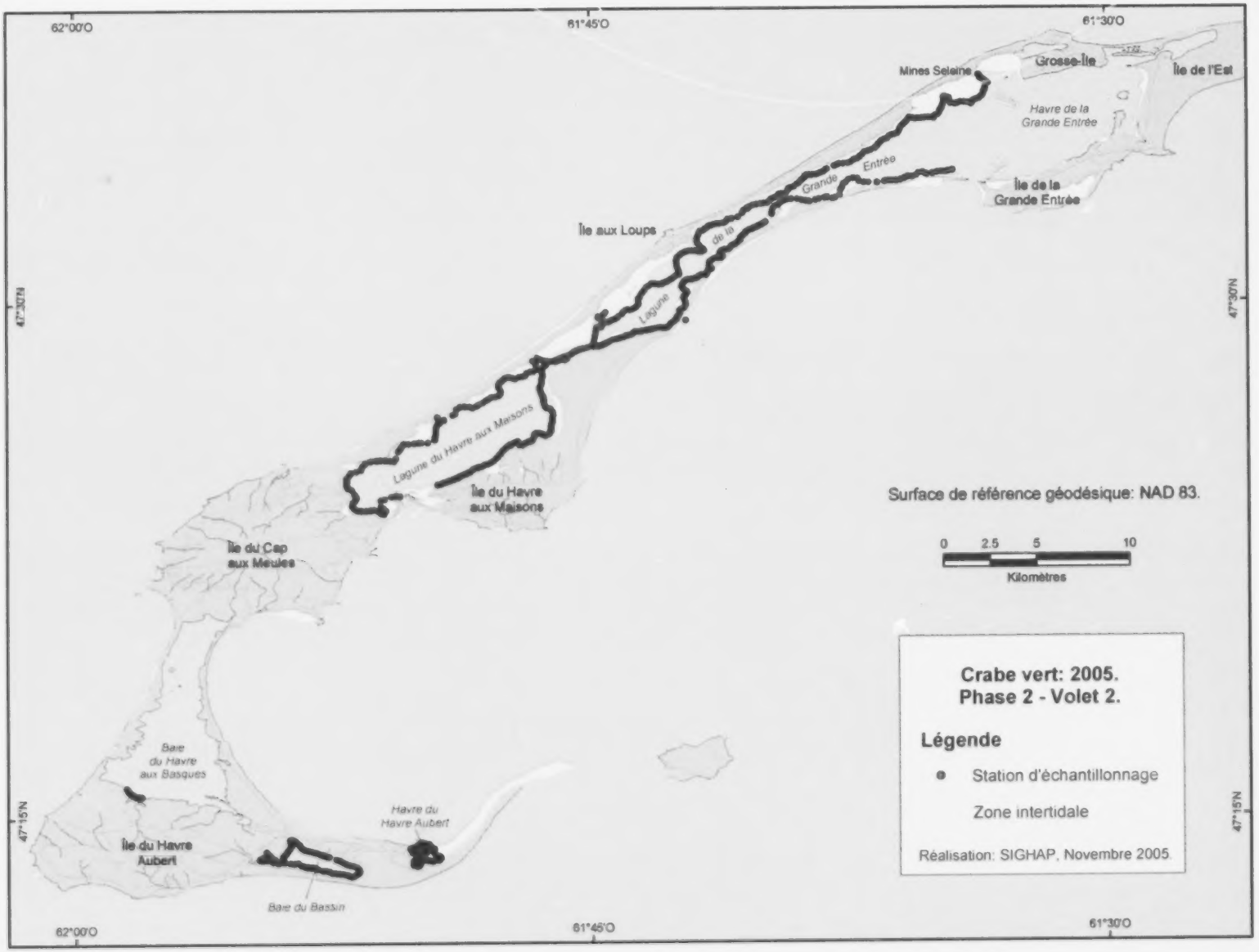


Figure 3. Stations d'échantillonnage pour le crabe vert (*Carcinus maenas*) aux Îles-de-la-Madeleine en 2005, phase II volet 1.

Figure 4. Stations d'échantillonnage pour le crabe vert (*Carcinus maenas*) aux Îles-de-la-Madeleine en 2005, phase II volet 2.



3.4 AUTRES OBSERVATIONS INDIRECTES

Trois autres projets d'échantillonnage dont la problématique n'était pas directement liée au crabe vert ont également eu lieu aux Îles-de-la-Madeleine. Néanmoins, ces projets constituaient des occasions potentielles pour observer des crabes verts et une attention particulière a été portée à cette espèce durant leur réalisation. Le premier projet étudie la biodiversité de la zostère, le second les populations d'huîtres dans le Bassin aux Huîtres et le troisième l'algue envahissante *Codium fragile* ssp. *tomentosoides*.

3.4.1 La biodiversité de la zostère

Depuis 2004, un projet visant à caractériser les communautés de poissons fréquentant les zostéraies est en place (F. Hazel IML, MPO, Mont-Joli, Qc, comm. pers.). Cependant, les invertébrés capturés sont également identifiés et dénombrés dans le cadre de ce projet. Aux Îles-de-la-Madeleine, cet échantillonnage s'est effectué à la mi-juin et à la mi-septembre à l'aide d'une seine de plage dans la partie est du Bassin aux Huîtres. Trois coups de seine en direction du rivage ont été effectués dans la zostéraie et trois autres à l'extérieur (si possible à 50 mètres au moins de la bordure de la zostéraie). Dans un milieu donné, chaque trait de seine était espacé d'au moins 50 mètres et fait à moins d'une heure du précédent. Les poissons et les invertébrés capturés ont été récupérés pour identification. Les petits casiers pyramidaux ont également été utilisés.

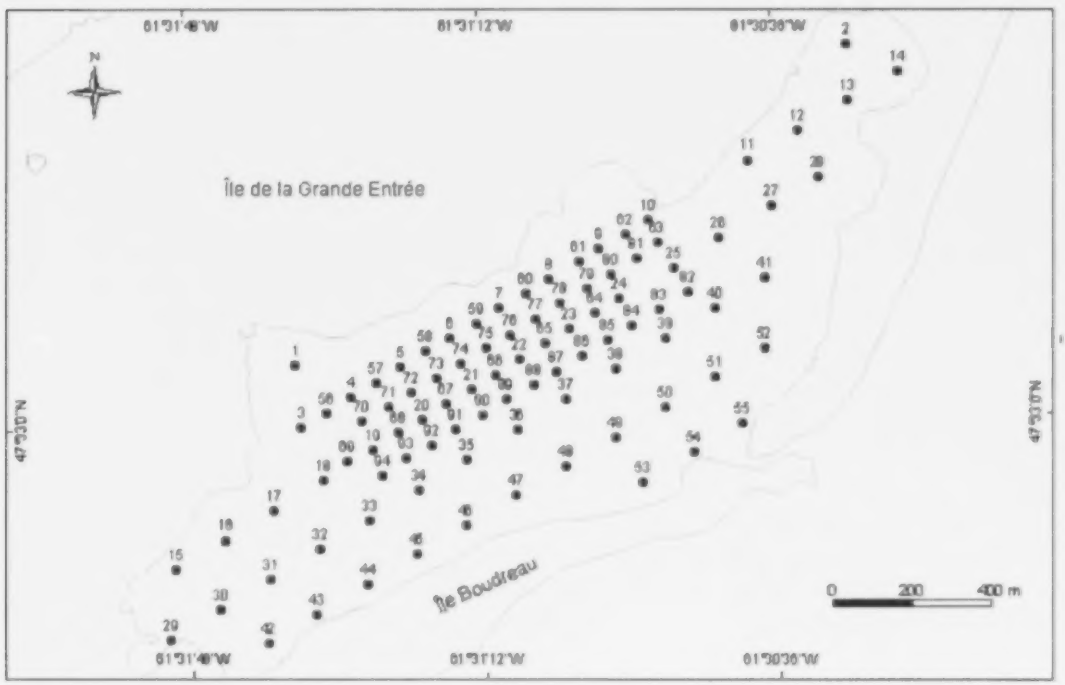
3.4.2 Les populations d'huîtres

Un projet visant à acquérir des connaissances sur la population d'huîtres du Bassin aux Huîtres aux Îles-de-la-Madeleine a été mis sur pied. Un inventaire des populations d'huîtres et des autres espèces associées a été réalisé en septembre 2005. L'étude a été réalisée sur l'ensemble du bassin selon un plan d'échantillonnage systématique (Figure 5). Les stations 1 à 55 étaient disposées aux 150 mètres le long de transects distancés également de 150 mètres. Par la suite, une grille systématique plus serrée a été utilisée pour couvrir plus spécifiquement le gisement d'huîtres (stations 56 à 94). À chaque station, un quadrat (0,25 m^2) était déposé sur le fond marin et tous les organismes épibenthiques vivants présents à l'intérieur du quadrat ont été identifiés et dénombrés. Un échantillonnage visuel a aussi été réalisé autour du quadrat. L'inventaire a été réalisé en plongée sous-marine (M. Giguère, IML, MPO, Mont-Joli, Qc comm. pers.).

3.4.3 *Codium fragile* ssp. *tomentosoides*

Un projet d'échantillonnage exploratoire visant à estimer l'abondance et la distribution de l'algue verte *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* aux Îles-de-la-Madeleine a été réalisé en 2004 et 2005 principalement dans le havre de la Grande Entrée, la baie Old-Harry, la baie Clarke et la baie de la Grosse Île. De plus, quelques échantillonnages exploratoires ont été réalisés à Havre-Aubert, Cap-aux-Meules et Havre-aux-Maisons (Simard *et al.*, sous presse). Lors de ces échantillonnages, des transects et des quadrats ont été réalisés en plongée sous-marine et en apnée et d'autres transects ont été effectués à pied le long du littoral.

Figure 5. Localisation des stations échantillonnées dans le Bassin aux Huîtres en 2005 (M. Giguère, IML, MPO, Mont-Joli, Qc, comm. pers.)



4.0 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Quatre crabes verts ont été récoltés durant l'année 2004. Les deux premiers spécimens ont été rapportés par un pêcheur d'anguille : une femelle de 44,4 mm (LC) capturée le 31 août 2004 et un mâle de 50,8 mm (LC) capturé le 29 septembre 2004. Ces deux individus proviendraient respectivement de la baie Old-Harry et de la baie Clarke. Les deux autres crabes verts ont été capturés lors de l'échantillonnage scientifique dans le Bassin aux Huîtres. Une femelle de 54,2 mm (LC) capturée le 2 octobre et un mâle de 58,9 mm (LC) capturé le 6 octobre. Aucun crabe vert n'a été capturé pendant l'année 2005 et aucune observation de crabe vert n'a été faite au cours des trois autres projets réalisés en parallèle (sections 3.4.1, 3.4.2 et 3.4.3). Il est à noter que cinq autres crabes auraient été observés en 2004 par le pêcheur d'anguille mais ils n'ont pas été rapportés au MPO. Les quatre crabes mentionnés précédemment étaient matures sexuellement. Par contre, aucun spermatophore ou résidu de spermatophore n'a été observé lors de la dissection des spermathèques. Il semblerait donc que les deux femelles n'aient pas été inséminées. Cependant, la mauvaise conservation de la première femelle ne nous permet pas de l'affirmer avec certitude.

Les deux crabes rapportés par le pêcheur ont été capturés dans des trappes à anguilles. Les deux autres, capturés au Bassin aux Huîtres, ont été pris avec les petits casiers pyramidaux sur un fond de sable à proximité d'une zostéraie et en eau peu profonde (accessible à pieds). Les quatre types de casiers utilisés lors des différents échantillonnages ont permis la capture de nombreux crabes communs de toutes tailles suggérant qu'ils puissent être efficaces pour le crabe vert. Les petits casiers pyramidaux et les trappes à vairons semblent les mieux adaptés au type de milieu échantillonné. Cependant, les casiers pyramidaux seraient plus efficaces. En effet, les crabes capturés avec ce type de casiers semblaient avoir moins de chance de s'échapper que dans les trappes à vairons car la hauteur de l'ouverture était plus haute et un cône empêchait les crabes de ressortir. En ce qui concerne les trappes à vairons, il est possible que l'efficacité de ces dernières puisse être améliorée en diminuant le diamètre des ouvertures.

Le premier échantillonnage de 2005 a été effectué au mois de juin et une bonne partie de cet échantillonnage s'est fait sous de mauvaises conditions climatiques (pluie, vent et température fraîche). Il est possible que les conditions au mois de juin n'aient pas été optimales pour la capture du crabe vert. En 2004, les crabes ont été capturés plus tard en saison (fin août à début octobre). Cependant, les conditions (température) lors de l'échantillonnage de la phase II du projet de 2005 étaient à première vue adéquates pour la capture de cette espèce. L'absence de crabe vert dans les captures ne peut se traduire par l'absence totale de cette espèce dans les sites échantillonnés. Comme dans plusieurs cas d'introduction d'espèce, le nombre d'individus observés au début est très faible et sont alors plus difficiles à capturer. Par la suite, leur nombre augmente selon une relation exponentielle comme ce fut le cas pour le crabe vert au Nouveau-Brunswick (MacPhail *et al.* 1955). Ce délai entre le moment de la découverte de quelques individus adultes et l'explosion d'une population est lié au cycle de reproduction. Les résultats de Audet (2005) montrent que la stratégie reproductrice du crabe vert est bien adaptée aux conditions environnementales qui existent dans le sud du golfe du Saint-Laurent et suggèrent qu'une population de crabe vert est en mesure de s'établir en une ou deux générations. Behrens Yamada (2001) rapporte qu'une fois établie, une population de crabes verts peut prendre une dizaine d'années avant d'être capable de produire assez de larves pour continuer son expansion géographique. Cependant, les données de Audet (2005) suggèrent que cette expansion peut être plus rapide.

Par conséquent, malgré le fait qu'aucun autre individu n'ait été capturé en 2005, il est nécessaire de rester vigilant car les individus capturés en 2004 avaient la taille de la maturité sexuelle. Même si à première vue les deux femelles capturées au mois d'août et octobre n'ont pas été inséminées, cela n'exclut pas l'existence de quelques autres individus qui se seraient reproduits ou se reproduiront l'année prochaine. Une surveillance accrue est suggérée pour les années à venir, en particulier sur les sites où le crabe vert a été observé. Afin de maximiser les chances de capture, il serait souhaitable d'effectuer un échantillonnage à l'aide d'une seine de plage et/ou de pièges de type trappe à anguille dans les endroits propices au crabe vert en plus de la pêche attractive (G. Miron, MPO, Moncton, N.-B., com. pers.). La pêche de la phase II n'a peut-être pas été un échantillonnage optimal car les femelles gravides ne se nourrissent pas beaucoup et selon les données de Audet (2005), la ponte dans le sud du golfe Saint-Laurent aurait lieu à partir du mois de juillet. Néanmoins aucun crabe vert n'a été capturé lors des traits de seine effectués

dans le Bassin aux Huîtres en juin et septembre 2005 dans le cadre du projet sur les populations d'huîtres et aucun crabe n'a été capturé en juin 2005 durant la phase I du projet.

Plusieurs espèces, autres que le crabe vert, ont été capturées lors des échantillonnages de 2004 et 2005 dont le crabe commun (*Cancer irroratus*) (Annexe 3). L'habitat potentiel du crabe vert semble être un milieu propice aux juvéniles du crabe commun. Les différentes espèces capturées pourraient servir de proie et/ou entrer en compétition directe ou indirecte avec le crabe vert pour l'espace et la nourriture. Très peu de homards ont été capturés (3 seulement) durant les échantillonnages de 2004 et 2005. Ils ont été capturés à l'aide des casiers à homards modifiés et par un casier à crabe. Le homard, le crabe commun, les plies et les mollusques sont des ressources marines exploitées aux Îles-de-la-Madeleine qui pourraient être affectées par une éventuelle présence du crabe vert. L'impact du crabe vert sur les mollusques est largement connu (voir section 2.4.1). De plus, sous nos latitudes, les mollusques ont une croissance plus lente à cause des températures froides et seraient vulnérables à la prédation par le crabe vert sur une plus longue période de leur vie (MacPhail *et al.* 1955). Les dommages pourraient donc être plus importants sur les bancs de mollusques des Îles-de-la-Madeleine que sur ceux de la côte est américaine. Concernant le homard et le crabe commun, les conséquences à court, moyen et long termes sont moins évidentes et prévisibles. Contrairement au crabe commun (*Cancer irroratus*) que l'on trouve dans la diète du crabe vert, le homard ne semble pas en faire partie de façon courante (Elner 1981). Selon une étude réalisée en Nouvelle-Écosse (Elner 1981), il est possible que la compétition engendrée par le crabe vert puisse diminuer la capacité de support de l'habitat côtier en terme de nourriture et d'espace, à tel point que l'abondance de homard et de crabe commun puisse diminuer. Les individus seraient déplacés dans un habitat non propice où ils ne pourraient pas se nourrir de façon adéquate et où ils seraient sujets à une plus grande prédation. Le crabe vert ne doit pas être vu uniquement comme une peste pour les bancs de mollusques mais aussi comme un possible compétiteur (direct et indirect) pour le homard et le crabe commun (Elner 1981, Rossong *et al.* 2006, Williams *et al.* 2006). Concernant la plie canadienne (*Pseudopleuronectes americanus*), le modèle de Taylor (2005) indique que la mortalité de cette espèce par prédation peut varier grandement en fonction de l'abondance et de la structure de taille des populations de crabe vert. Il est possible également qu'une dominance réciproque existe entre ces deux espèces parce que les premiers stades benthiques du crabe vert peuvent faire partie de la diète de la plie canadienne. Il est donc possible que ces espèces commerciales puissent être affectées par la présence du crabe vert. Cependant, il est difficile de prédire l'importance de ces impacts. D'autres études plus approfondies doivent être menées sur les relations entre le crabe vert et les différentes espèces indigènes des Îles-de-la-Madeleine et sur les impacts que ces relations peuvent avoir tant sur le plan écologique qu'économique pour cette région.

Les résultats obtenus suggèrent l'hypothèse d'une introduction ponctuelle car les individus ont été capturés dans des habitats relativement isolés et semblent faire partie d'une même classe d'âge de par leur taille. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour tenter d'expliquer l'introduction du crabe vert aux Îles-de-la-Madeleine. Une des hypothèses plausibles serait l'introduction de larves ou de juvéniles via les ensemencements d'huîtres qui ont eu lieu dans la baie Clarke et le Bassin aux Huîtres entre 1998 et 2000. Ces huîtres provenaient d'endroits à l'extérieur des Îles-de-la-Madeleine où le crabe vert pouvait être présent. Il n'est pas impossible

que des larves aient été introduites et qu'elles aient survécu. Aujourd'hui, les demandes de transfert d'organismes pour l'aquaculture sont soumises à une évaluation via un comité scientifique (permis) pour limiter les risques écologiques et économiques inhérents.

En dehors de l'aquaculture, d'autres hypothèses ont été examinées spécifiquement pour les Îles-de-la-Madeleine :

1) Le transport des larves par les courants.
2) Le Traversier CTMA N.M. Madeleine entre Souris (Île-du-Prince-Édouard) et les Îles-de-la-Madeleine : il semblerait que les risques d'introduction du crabe vert par le biais des eaux de lest du traversier soient faibles car elles ne proviennent pas de l'Île-du-Prince-Édouard et ne sont pas déversées dans le port de Cap-aux-Meules. Un échantillon des eaux de lest du traversier a été récolté et aucune larve de crabe n'était présente.
3) Bateaux de la mine Seleine : ces derniers font des changements d'eaux de lest dans le golfe du Saint-Laurent au cours desquels ils pourraient récolter des larves de crabe vert qui seraient ensuite libérées dans le havre de la Grande Entrée. Ils peuvent donc représenter un risque d'introduction.
4) Les pétroliers : ces derniers arrivent sans eaux de lest aux Îles et ne représentent pas un vecteur potentiel à considérer en terme de rejets d'eaux de lest.
5) Les bateaux de plaisance : des introductions sont possibles par l'eau qu'ils transportent (réservoirs, moteur, etc).

Aux Îles-de-la-Madeleine, le crabe vert a été observé jusqu'à présent en très petit nombre dans des milieux relativement isolés (baies et bassins) ce qui pourrait faciliter le contrôle de cette espèce. Il semble qu'aucune tentative d'éradication n'ait réussi lorsque le crabe vert est établi et qu'il y a un recrutement local. Le contrôle des populations à un niveau acceptable peut être une solution à long terme. Cependant, le succès d'une telle entreprise repose essentiellement sur la détection rapide permettant une réponse dès l'apparition d'individus nouvellement établis. Il est donc suggéré d'établir un plan de contrôle, d'action et/ou d'aménagement des populations au cas où il y aurait un établissement définitif de l'espèce (Lafferty et Kuris 1996 et Grosholz et Ruiz 2002).

Plusieurs méthodes de contrôle des populations ont été envisagées et étudiées : le contrôle mécanique (pêche), le contrôle biologique (introduction de prédateurs et de parasites) et le contrôle chimique (pesticides, appâts empoisonnés). Des trois méthodes, seule la pêche sélective intensive constitue une approche sécuritaire pour l'écosystème et elle limite les impacts sur les populations indigènes (Lafferty et Kuris 1996, Grosholz et Ruiz 2001, Behrens Yamada 2001). Le contrôle biologique représente un danger pour les espèces indigènes. Si une telle méthode est envisagée, il est nécessaire d'effectuer des études sur la spécificité du parasite ou du prédateur et de s'assurer qu'aucune autre espèce ne fera les frais de cette introduction. Jusqu'à présent, seul le parasite *Sacculina carcini*, un parasite castrateur, semble spécifique au crabe vert et pourrait, en théorie, agir comme agent de contrôle des populations de crabe vert. Cependant, des expériences rigoureuses devraient être envisagées sur les espèces indigènes avant d'essayer ce type de contrôle (Lafferty et Kuris 1996, Behrens Yamada 2001, Grosholz et Ruiz 2001). Le contrôle

chimique en plus d'avoir une efficacité médiocre dans un milieu ouvert comme celui d'un écosystème marin, n'est pas recommandable pour des questions de contamination, de santé et d'impacts sur les autres espèces animales et végétales de l'écosystème (Behrens Yamada 2001, Grosholz et Ruiz 2001).

5.0 CONCLUSION

Deux crabes verts ont été capturés par le MPO et sept autres ont été observés par un pêcheur d'anguille dont deux ont été rapportés au MPO. Tous les crabes verts observés et capturés se trouvaient dans la partie nord des Îles-de-la-Madeleine, dans la région du havre de la Grande Entrée. Les Îles-de-la-Madeleine ne semblent donc pas faire face à une situation d'invasion. Cependant, la capture de ces quelques individus prouve que cette région offre des habitats propices à la survie de cette espèce. Les résultats de plusieurs études montrent également que différentes espèces indigènes et exploitées commercialement peuvent être affectées par la présence de cette espèce telles que les mollusques et le crabe commun.

Compte tenu des impacts écologiques et économiques que le crabe vert peut provoquer, il est fortement suggéré de contrôler les vecteurs potentiels d'introduction et d'établir un suivi rigoureux par :

1) la mise en place d'un échantillonnage annuel entre le mois d'août et septembre dans les milieux propices et principalement dans les milieux où le crabe vert a déjà été observé;
2) la sensibilisation (en cours) des populations locale et touristique, des aquaculteurs et des pêcheurs et par la mise à contribution de ces derniers en cas d'observation d'individus. La pêche de plusieurs espèces comme le homard, le crabe commun ou l'anguille peut permettre la capture de crabes verts et ainsi contribuer au suivi de cette espèce.

Il serait nécessaire de mener des études afin de mieux comprendre les interactions possibles en milieu naturel entre le crabe vert et les autres grands crustacés et les impacts potentiels du crabe vert sur les diverses communautés à moyen et long terme. De plus, en cas d'introduction plus importante, il serait fortement pertinent d'établir les limites de tolérance de la souche de crabe introduite afin de connaître parfaitement ses limites et ainsi prévoir les risques d'expansion.

6.0 REMERCIEMENTS

Ce projet a été financé par les fonds spéciaux du programme sur les espèces envahissantes du MPO (AIS Program) et le bureau du secteur des Îles-de-la-Madeleine. Nous tenons sincèrement à remercier Roger Lavallée et Lysandre Solomon qui ont participé à l'échantillonnage de même que Sylvain Hurtubise, Gilles Miron, et particulièrement, Louise Gendron qui ont accepté de réviser ce rapport et fourni des commentaires judicieux. Nous remercions également Chris McKindsey pour la traduction du résumé ainsi que les responsables du bureau du secteur des Îles-de-la-Madeleine pour le prêt de matériel et son entreposage dans leurs installations et leur participation au financement du projet.

7.0 BIBLIOGRAPHIE

Aagaard, A., C.G. Warman et M.H. Depledge. 1995. Tidal and seasonal changes in the temporal and spatial distribution of foraging *Carcinus maenas* in the weakly tidal littoral zone of Kerteminde Fjord, Danmark. Mar. Ecol. Prog. Ser. 122: 165-172.

Audet, D. 2005. Distribution et caractéristiques biologiques d'une espèces exotique dans le sud du golfe du Saint-Laurent : le cas du crabe vert (*Carcinus maenas*). Thèse de maîtrise, Université de Moncton. 83 p.

Audet, D., D.S. Davis, G. Miron, M. Moriyasu, K. Benhalima et R. Campbell. 2003. Geographical expansion of a nonindigenous crab, *Carcinus maenas* (L.), along the Nova Scotian shore into the southeastern Gulf of St. Lawrence, Canada. J. Shellfish Res. 22(1): 255-262.

Barshaw, D., K.W. Able et K.L. Heck. 1994. Salt marsh peat reefs as protection for postlarval lobsters *Homarus americanus* from fish and crab predators: comparisons with other substrates. Mar. Ecol. Prog. Ser. 106: 203-206.

Behrens Yamada, S. 2001. Global invader: the European green crab. Oregon State University, Corvallis, Oregon. 123 p.

Behrens Yamada, S. et L. Hauck 2001. Field identification of the european green crab species : *Carcinus maenas* and *Carcinus aestuarii*. J. Shell. Res. 20(3): 905-912.

Behrens Yamada, S., C. Hunt et N. Richmond. 2000. The arrival of the European green crab, *Carcinus maenas*, in Oregon estuaries. *In* Marine bioinvasions: proceedings of the first national conference. Edited by J. Pederson. Massachusetts Institute of Technology Sea Grant College Program, Cambridge. pp. 94-99

Behrens Yamada S., A. Kalin, C.E. Hunt, B.R. Dumbauld, R. Figlar-Barnes et A. Randall. 2005. Growth and persistence of a rescent invader *Carcinus maenas* in estuaries of the Northeastern Pacific. Biological Invasion 7: 309-321.

Berrill, M. 1982. The life cycle of the green crab *Carcinus maenas* at the northern end of its range. J. Crust. Biol. 2(1): 31-39.

Broekhuysen, G.J.Jr. 1936. On development growth and distribution of *Carcinides maenas* (L.). Arch. Neerl. Zool. Tome II: 257-399.

Cameron, B. et A. Metaxas. 2005. Invasive green crab, *Carcinus maenas*, on the Atlantic coast and in the Bras d'Or Lakes of Nova Scotia, Canada : larval supply and recruitment. J. Mar. Biol. Ass. (UK) 85(4): 847-855.

Carlton, J.T. et A.N. Cohen. 2003. Episodic global dispersal in shallow water marine organisms: the case history of the European shore crabs *Carcinus maenas* and *C. aestuarii*. J. Biogeogr. 30: 1809-1820.

CRIMP (Centre for Research on Introduced Marine Pests). 2000. Marine pest information sheet. Infosheet 5, CSIRO Marine Research. (consultation du site: 11/ 2005) http://www.marine.csiro.au/crimp/Reports/Infosht5_Car0700S3.pdf

Christiansen, M.E. 1969. Crustacea Decapoda Brachyura. Marine Invertebrates of Scandinavia, 2. Universitetsforlaget, Oslo. 143 p.

Cohen, A.N., J.T. Carlton et M.C. Fountain. 1995. Introduction, dispersal and potential impacts of the green crab *Carcinus maenas* in San Francisco Bay, California. Mar. Biol. 122: 225-237.

Crothers, J.H. 1967. The biology of the shore crab *Carcinus maenas* (L.). 1. The background-anatomy, growth and life history. Field Stud. 2(4): 407-434.

Crothers, J.H. 1968. The biology of the shore crab *Carcinus maenas* (L.). 2. The life of adult crab. Field Stud. 2(5): 579-616.

Cunningham, P.N. et R.N. Hughes. 1984. Learning of predatory skills by shorecrabs *Carcinus maenas* feeding on mussels and dogwhelks. Mar. Ecol. Prog. Ser. 16: 21-26.

Davis, R.C., F.T. Short et D.M. Burdick. 1998. Quantifying the effects of green crab damage to eelgrass transplants. Restoration Ecology 6(3): 297-302.

Dawirs, R.R. 1985. Temperature and development of *Carcinus maenas* (Decapoda) in the laboratory; predictions of larval dynamics in the sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 24: 297-302.

Dries M. et D. Adelung. 1982. Die Schlei, ein Modell für die Verbreitung der Strandkrabbe *Carcinus maenas*. Helgol. Meeresunters 35: 65-77.

Elner, R.W. 1980. The influence of temperature, sex and chela size in the foraging strategy of the shore crab, *Carcinus maenas* (L.). Mar. Behav. Physiol. 7:15-24.

Elner, R.W. 1981. Diet of green crab *Carcinus maenas* (L.) from Port Hebert, southwestern Nova Scotia. J. Shellfish Res. 1(1): 89-94.

Eriksson, S. et A.-M. Edlund. 1977. On the ecological energetics of 0-group *Carcinus maenas* (L.) from a shallow sandy bottom in Gullmar Fjord, Sweden. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 30: 233-248.

Eriksson, S., S. Evans et B. Tallmark. 1975. On the coexistence of scavengers on shallow, sandy bottoms in Gullmar Fjord (Sweden). Adaptations to substratum, temperature and salinity. Zoon. 3(2): 121-124.

Factor, J.R. et B.L. Dexter. 1993. Suspension feeding in larval crabs (*Carcinus maenas*). J. Biol. Ass. (UK) 73: 207-211.

Flimlin, G. et B.F. Beal. 1993. Major predators of cultured shellfish. NRAC (Northeastern Regional Aquaculture Center) Bulletin 180. 6 p.

Fincham, M.W. 1996. An endless invasion? Green crabs, New England intruders, move West. Maryland Marine Notes Online 14(2): 1-5. (consultation du site: 11 / 2005) http://www.mdsg.umd.edu/MarineNotes/Mar-Apr96/index.html

Floyd, T. et Williams, J. 2004. Impact of green crab (*Carcinus maenas* L.) predation on a population of soft-shell clams (*Mya arenaria* L.) in the southern Gulf of St. Lawrence. J. Shellfish Res. 23(2): 457-462.

Gardner, N.C., S. Kwa et A. Paturusi. 1994. First recording of the European shore crab *Carcinus maenas* in Tasmania. Tasman. Nat. 116: 26-28.

Geller, J.B., E.D. Walton, E.D. Grosholz et G.M. Ruiz. 1997. Cryptic invasions of the crab *Carcinus* detected by molecular phylogeography. Mol. Ecol. 6: 901-906.

Gillis, D.J., J.N. Macpherson et T.T. Rattray. 2000. The status of the green crab in Prince Edward Island in 1999. Technical report, Prince Edward Island Department of Fisheries and Tourism, no. 225, 39 p.

Glude, J.B. 1955. The effects of temperature and predators on the abundance of the soft-shell clam *Mya arenaria* in New England. Trans. Am. Fish. Soc. 84: 13-26.

Grosholz, E. et Ruiz, G. (eds). 2002. Management plan for european green crab. Green Crab Control Committee, United States. 55 p.

Grosholz, E., P.Olin, B. Williams et R. Tinsman. 2001. Reducing predation on manila clams by nonindigenous European green crab. J. Shell. Res. 20(3): 913-919.

Grosholz, E.D., G.M. Ruiz, C.A. Dean, K.A. Shirley, J.L. Maron et P.G. Connors. 2000. The impacts of a nonindigenous marine predator in a California bay. Ecology 81(5): 1206-1224.

Hartnoll, R.G. 1969. Mating in the Brachyura. Crustaceana 16 : 161-181.

Hines, A.H. et G.M. Ruiz. 2001. Marine invasive species and biodiversity of South Central Alaska. Report submitted to Regional Citizens' Advisory Council of Prince William Sound. 75 p.

Hunt, C.E., Cleveland, K. et S. Behrens Yamada. 1998. Trapping crabs in Coos Bay and Winchester Bay. (consultation du site: 11/ 2005) http://oregonstate.edu/~yamadas/crab/ch7.htm

Hunter, E. et E. Naylor. 1993. Intertidal migration by the shore crab *Carcinus maenas*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 101: 131-138.

Jensen, K.T. et J.N. Jensen. 1985. The importance of some epibenthic predators on the density of juvenile benthic microfauna in the Danish Wadden Sea. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 89: 157-174.

Kaiser, M.J., R.N. Hugues et D.G. Reid. 1990. Chelal morphometry, prey size selection and agressive competition in green and red forms of *Carcinus maenas*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 140: 121-134

Klein Breteler, W.C.M. 1975a. Laboratory experiments on the influence of environmental factors on the frequency of moulting and increase in size at moulting of juvenile shore crabs, *Carcinus maenas*. Netherlands J. Sea Res. 9: 100-120.

Klein Breteler, W.C.M. 1975b. Growth in moulting of juvenile shore crabs, *Carcinus maenas*, in a natural population. Netherlands J. Sea Res. 9(1): 86-99.

Klein Breteler, W.C.M. 1983. The shore crab *Carcinus maenas*. *In* Ecology of the Wadden Sea. Edited by A.A. Balkema, Rotterdam. p. 119-121.

Kumlu, M. et D.A Jones. 1997. Digestive protease activity in planktonic crustaceans feeding at different trophic levels. J. Biol. Ass. (UK) 77: 159-165.

Lafferty, K. et A. Kuris. 1996. Biological control of marine pests. Ecology 77: 1989-2000.

Le Calvez, J.C. 1984. Relations entre la faune annélidienne et un crustacé décapode, *Carcinus maenas* L. dans le bassin maritime de la Rance (Bretagne du nord). Oceanis 10(7) : 785-796.

Le Roux, P.J., G.M. Branch et M.A.P. Joska. 1990. On the distribution, diet and possible impact of the invasive European crab *Carcinus maenas* (L.) along the South African coast. S. Afr. J. Mar. Sci. 9: 85-93.

Loi de 2001 sur la marine marchande. 2005. Ministère de la justice, Canada. (consultation du site: 11/ 2005) http://laws.justice.gc.ca/fr/C-10.15/index.html .

MacPhail, J.S., E.I. Lord et L.M. Dickie. 1955. The green crab – a new clam enemy. Fish. Res. Board Can. Prog. Rep. Atl. Coast Stn. 63: 3-11.

McDonald, P.S., G.C. Jensen et D.A. Armstrong. 2001. The competitive and predatory impacts of the nonindigenous crab *Cancer maenas* (L.) on the early benthic phase Dungeness crab *Cancer magister* Dana. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 258: 39-54.

Menge, B.A. 1983. Components of predation intensity in the low zone of New England rocky intertidal region. Oecologia (Berlin) 58: 141-155.

Miron, G., T. Landry et N.G. MacNair. 2002. Predation potential by various epibenthic organisms on commercial bivalve species in Prince Edward Island: preliminary results. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2392: ix + 33 p.

Miron, G., D. Audet, T. Landry et M. Moriyasu. 2005. Predation potential of the invasive green crab (*Carcinus maenas*) and other common predators on commercial bivalve species found on Prince Edward Island. J. Shellfish Res. 24(2): 579-586.

Mohamedeen, H. et R.G. Hartnoll. 1989. Larval and postlarval growth of individually reared specimens of the common shore crab *Carcinus maenas* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 134(1): 1-24.

Moksnes, P.-O. 2002. The relative importance of habitat-specific settlement, predation and juvenile dispersal for distribution and abundance of young juvenile shore crabs *Carcinus maenas* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 271: 41-73.

Moody, K.E. et S. Steneck. 1993. Mechanisms of predation among large decapod crustaceans of the Gulf of Maine Coast: functional vs. phylogenetic patterns. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 168: 111-124.

Rasmussen, E. 1973. Systematics and ecology of the Isefjord marine fauna (Denmark). Ophelia 11: 1-507.

Roman, J. et S.R. Palumbi. 2004. A global invader at home : population structure of green crab, *Carcinus maenas*, in Europe. Mol. Ecol. 13: 2891-2898.

Ropes, J.W. 1968. The feeding habits of green crab, *Carcinus maenas* (L.). Fish. Bull. 67(2): 183-203.

Rossong, M.A., P.J. Williams, M. Comeau, S.C. Mitchell et J. Apaloo. 2006. Agonistic interactions between the invasive green crab, *Carcinus maenas* (Linnaeus) and juvenile American lobster, *Homarus americanus* (Milne Edwards). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 329: 281-288.

Say, T. 1817. An account of the crustacea of the United States. J. Acad. Nat. Sci. Phila. 1: 57-63.

Scherer, B. et K. Reise. 1981. Significant predation on micro- and macrobenthos by the crab *Carcinus maenas* L. in the Wadden Sea. Kiel. Meeresforsch Sonderh 5: 490-500.

Simard, N., N. Paille et C.W. McKindsey. (sous presse). *Codium fragile* spp. *tomentosoides* : revue de littérature et situation aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. man. can. sci. halieut. aquat.

Smith, O.R. et E. Chin. 1951. The effects of predation on the soft clams, *Mya arenaria*. Proc. Natl. Shellfish Assoc. 1951: 37-44.

Simard, N., N. Paille et C.W. McKindsey (sous presse). *Codium fragile* spp. *tomentosoides* : revue de littérature et situation aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. man. can. sc. halieut. aquat.

Taylor, D.L. 2005. Predatory impact of the green crab (*Carcinus maenas* Linaeus) on the post-settlement winter flouder (*Pseudopleuronectes americanus* Walbaum) as revealed by immunological dietary analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 324(2): 112-126.

Torchin, M.E, K.D. Lafferty et A.M. Kuris. 2001. Release from parasites as natural enemies: increased performance of a globally introduced marine crab. Biological Invasions 3: 333-345.

Wahle, R.A. et R.S. Steneck. 1992. Recruitment habitats and nursery grounds of the American lobster *Homarus americanus*: a demographic bottleneck? Mar. Ecol. Prog. Ser. 69: 231-243.

WDFW (Washington Department of Fish and Wildlife). 2002. Aquatic nuisance species: European green crab (*Carcinus maenas*). WDFW Fish Management Program, Washington, 15 p.
http://www.wdfw.wa.gov/fish/ans/greencrab.htm

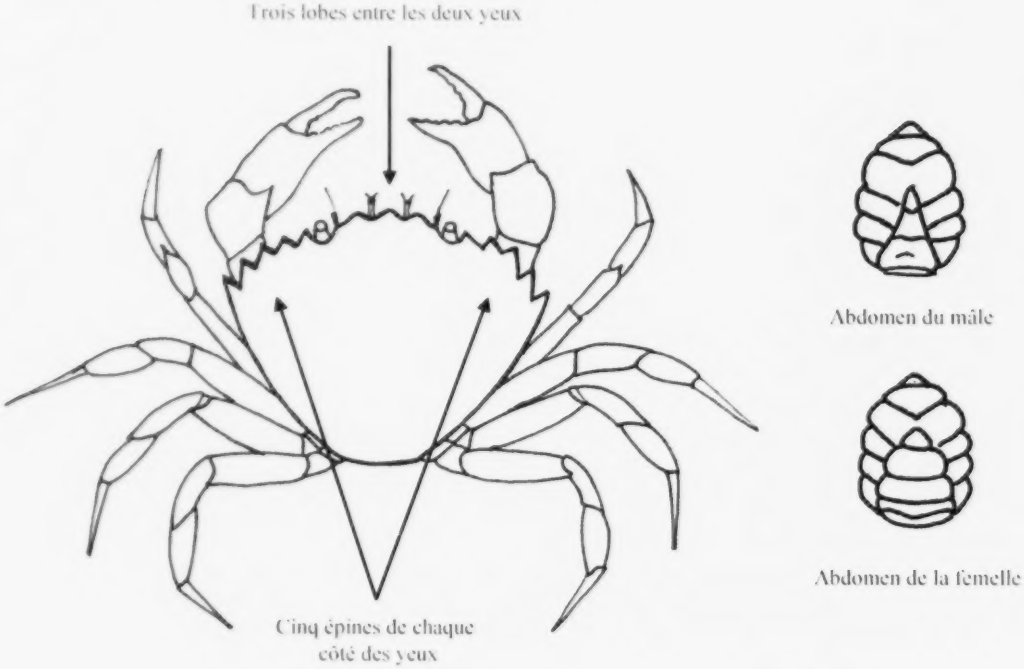
Williams, A.B. 1984. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 550 p.

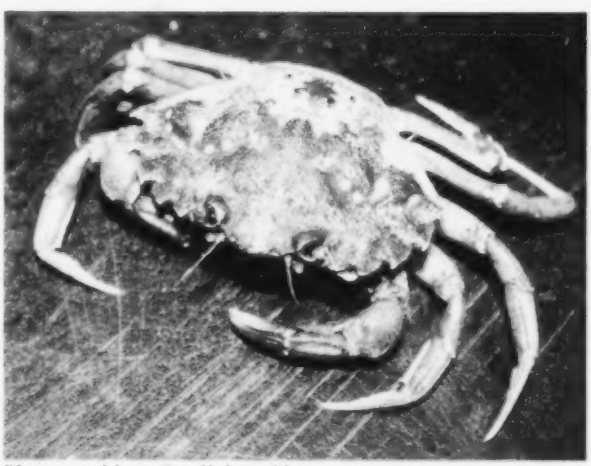
Willams, P.J., T.A. Floyd et M.A. Rossong. 2006. Agonostic interactions between invasive green crabs, *Carcinus maenas* (Linnaeus), and sub-adult American lobsters, *Homarus americanus* (Milne Edwards). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 329: 66-74.

Williamson, M.A. 1903. On the larval and the young stages, and rate of growth of the shore crab (*Carcinus maenas*). Part III - Twenty first annual report of the fishery board for Scotland, p. 136-179.

ANNEXE 1

Caractéristiques physiques du crabe vert (Carcinus maenas)





Photographies : Guglielmo Tita

ANNEXE 2

Types de trappes utilisées lors des échantillonnages de 2005

Photographies : Selma Pereira

Petit casier pyramidal

Hauteur : 30,5 cm
Diamètre de la base : 47,5 cm
Diamètre des ouvertures : 6 cm
Hauteur de l'ouverture par rapport au sol : 13 cm
Maille : 0,6 cm

Trappe à vairons

Longueur : 42,5 cm
Hauteur au milieu : 22,5 cm
Diamètre à l'extrémité : 19 cm
Diamètre de l'ouverture : 6 à 7 cm
Maille : 0,6 cm

ANNEXE 3

Résultats des captures de crabes communs (Cancer irroratus) et des autres espèces associées lors des échantillonnages pour le crabe vert en 2004 et 2005 aux Îles-de-la-Madeleine.

Nombre et pourcentage de stations où le crabe commun (*Cancer irroratus*) a été observé lors des échantillonnages de 2004 et 2005.....34

Nombre moyen de crabes communs (*Cancer irroratus*) capturés dans les différentes régions échantillonnées aux Îles-de-la-Madeleine en 2004 et 2005, par jour de pêche et selon trois classes de taille (largeur de carapace)
(Nombre moyen = nombre total de crabes capturés pour l'ensemble des stations d'une région / nombre de jours de pêche effectués dans cette région).....35

Nombre et pourcentage de stations où des espèces, autres que le crabe vert et le crabe commun, ont été observées lors des échantillonnages de 2004 et 2005 aux Îles-de-la-Madeleine.....36

	2004			Phase I 2005			Phase II volet 1 2005			Phase II volet 2 2005		
	Nb total de stations	crabe commun Nb stations	%	Nb total de stations	crabe commun Nb stations	%	Nb total de stations	crabe commun Nb stations	%	Nb total de stations	crabe commun Nb stations	%
Havre de la Grande Entrée *	49	47	96									
Baie Clarke	4	1	25	64	18	28	43	36	84			
Baie Old-Harry	4	2	50	64	26	41	47	31	66			
Bassin aux Huîtres	5	4	80	44	26	59	48	29	60			
Baie de la Grosse Île				44	22	50						
Pointe du Fort→baie Old-Harry				24	16	67						
Mine Seleine (à l'est)				11	4	36						
Mine Seleine (à l'ouest)				11	3	27						
Longue Pointe→Quai Grande-Entrée				19	18	95						
Baie de la Petite Pointe				14	13	93						
Lagune de la Grande Entrée										428	165	39
Lagune du Havre aux Maisons										224	110	49
Baie du Bassin										82	53	65
Baie du Havre aux Basques										12	1	8
Havre de Havre-Aubert										56	48	86
total				295	146	49	138	96	70	802	377	47

*Dans le havre de la Grande Entrée : échantillonnage avec des casiers à homard et à crabe sur la ligne de 2 mètres (isobathe)

	2004				2005 phase I				2005 phase II volet 1				2005 phase II volet 2			
	Nb total de stations	Nb crabe commun			Nb total de stations	Nb crabe commun			Nb total de stations	Nb crabe commun			Nb total stations	Nb crabe commun		
		< 5 cm	5 à 10 cm	>10 cm		< 5 cm	5 à 10 cm	>10 cm		< 5 cm	5 à 10 cm	>10 cm		< 5 cm	5 à 10 cm	>10 cm
Havre de la Grande Entrée *	49	19	1259	2913												
Baie Clarke	4	0	< 1	0	64	17	20	5	43	4	54	4				
Baie Old-Harry	4	0	1	< 1	64	3	21	9	47	3	41	2				
Bassin aux Huîtres	5	< 1	3	1	44	19	31	1	48	0	84	2				
Baie de la Grosse Île					44	23	33	7								
Pointe du Fort→baie de Old-Harry					24	12	27	3								
Mine Seleine (à l'est)					11	1	1	3								
Mine Seleine (à l'ouest)					11	1	3	1								
Longue Pointe→Quai Grande-Entrée					19	4	201	7								
Baie de la Petite Pointe					14	12	13	7								
Lagune de la Grande Entrée													428	35	441	72
Lagune du Havre aux Maisons													224	10	368	41
Baie du Bassin													82	13	296	7
Baie du Havre aux Basques													12	0	1	0
Havre de Havre-Aubert													56	26	182	11
total					295	92	350	43	138	7	180	8	802	84	1288	131

*Dans le havre de la Grande Entrée : échantillonnage avec des casiers à homard et à crabe sur la ligne de 2 mètres (isobathe)

	2004*								
	nb total stations	Crevette		Plie		Étoile de mer		Homard	
		nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%
Baie Clarke	4	1	25	0	0	0	0	0	
Baie Old-Harry	4	4	100	0	0	0	0	0	
Bassin aux Huitres	5	4	80	1	20	0	0	0	
Havre de la Grande Entrée	49	1	2	1	2	1	2	14	29

*dans les trois baies: échantillonnage à pieds avec des petits casires pyramidaux spécialement conçus:
dans le havre de la Grande Entrée : échantillonnage avec des casiers à homard et à crabe sur la ligne de 2 mètres (isobathe)

	2005 Phase I											
	Nb total stations	Crevette		Épinoche		Plie		Tanche		Étoile de mer		Gastéropodes	
		nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%
Baie Clarke	64	41	64	36	56	6	9	4	6	3	5	3	5
Baie Old-Harry	64	54	84	21	33	8	13	13	20	6	9	2	3
Bassin aux Huitres	44	20	45	13	30	1	2	2	5	0	0	0	0
Baie de la Grosse Île	44	25	57	9	20	1	2	0	0	0	0	0	0
Pointe du Fort→baie Old-Harry	24	6	25	0	0	3	13	0	0	0	0	0	0
Mine Seleine (à l'est)	11	4	36	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0
Mine Seleine (à l'ouest)	11	8	73	1	9	1	9	0	0	0	0	1	9
Longue Pointe→Quai Grande-Entrée	19	1	5	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0
total	281	159	57	80	28	20	7	19	7	11	4	6	2

	2005 Phase II volet 1 et 2									
	Nb total stations	Plie		Anguille		Homard		Étoile de mer		Tanche	
		nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%	nb stations	%
Baie Clarke	43	7	16	0	0	1	2	0	0	3	7
Baie Old-Harry	47	6	13	0	0.0	1	2	1	2.1	0	0
Bassin aux Huitres	48	2	4	2	4	0	0	0	0	0	0
Lagune de la Grande Entrée	428	14	3							1	0.2
Lagune du Havre aux Maisons	224	11	5							0	0
Baie du Bassin	82	2	2							0	0
Baie du Havre aux Basques	12	0	0							0	0
Havre de Havre-Aubert	56	2	4							1	0.5
total	940	44	5	2	0	2	0	1	0	5	1